© Minister of Supply and Services Canada 1989
ISBN 0-662-56493-6
Catalogue No. En 21-78/1989

Additional copies of this publication can be obtained at no charge from:

Science and Energy Branch
Environment Canada
22nd floor, 10 Wellington
Les Terrasses de la Chaudière
Hull, Quebec
K1A 0H3

Acknowledgements
The support and contribution of all individuals and agencies involved in this publication are gratefully acknowledged.

Coordination Suzanne Roussel, Environment Canada
Research Ian Efford, Avocet International
Design Turquoise Design Inc.
Editing Les Entreprises Hélène Bruyère Enr.

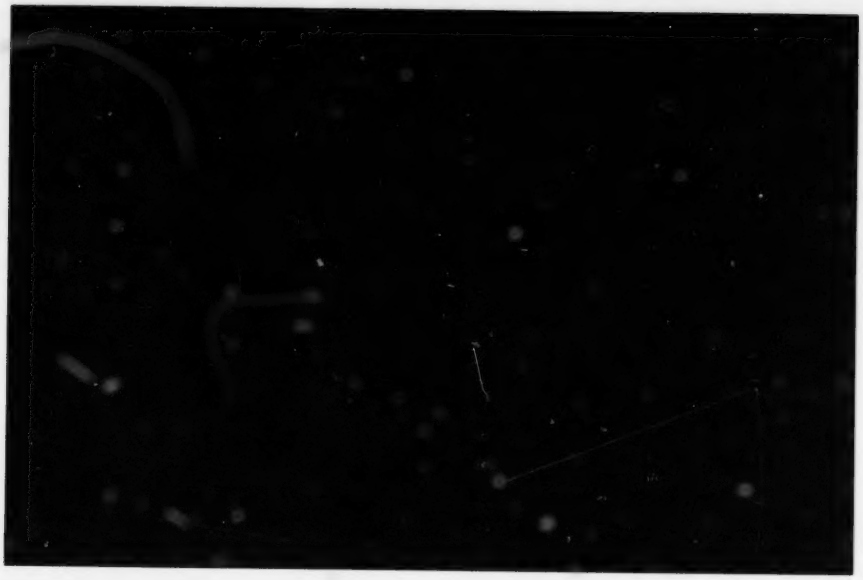
Photographic Credits
Supply and Services Canada
Industry, Science and Technology Canada
National Research Council of Canada
Fisheries and Oceans
Environment Canada
Norecol Environmental Consultants Ltd.
RIS Resource Integration Systems Ltd.
Lafarge Canada Inc.
Regional Municipality of Ottawa-Carleton

A DECADE OF ACHIEVEMENT

Environment and Energy Research & Development

Canada

90-02366/



"In no area is the link between our economic activity and environmental disruption more evident or more troubling than in the area of energy policy. Canada is committed to applying the principles of sustainable development to our energy future."

The Right Honourable Brian Mulroney, Prime Minister of Canada, at the World Conference on the Changing Atmosphere, Toronto, June 27, 1988.

CONTENTS

CHAPTER 1 *INTRODUCTION* ____ 5

CHAPTER 2 *CONVENTIONAL ENERGY SOURCES*

The Western Petroleum Basin ____ 6
Safe Design of Offshore Oil and Gas Facilities ____ 8
Safe Operations in Offshore Oil and Gas Developments ____ 10
Coal ____ 12

CHAPTER 3 *SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT* ____ 14

CHAPTER 4 *CONSERVATION AND RENEWABLES*

Renewable Energy Resources – Solar ____ 16
Renewable Energy Resources – Wind ____ 18
Demonstrations of Resource and Energy Conservation ____ 20
Municipal Solid Waste ____ 22
Municipal and Industrial Wastewater Treatment ____ 24
Pulp and Paper ____ 26

CHAPTER 5 *MANAGEMENT PERSPECTIVE* ____ 28

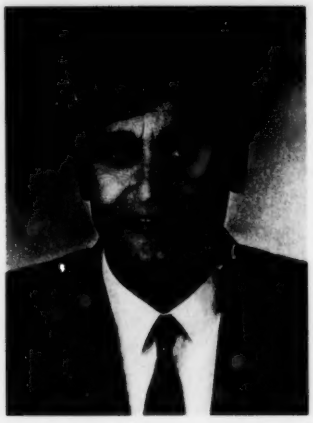
FEDERAL PANEL ON ENERGY RESEARCH AND DEVELOPMENT (PERD)

The Panel's objectives are to provide, in conjunction with efforts in the private sector and by the provinces, the technical base for:

- maintaining oil self-sufficiency;
- developing a diversified energy economy; and
- making Canada less reliant on non-renewable energy sources.

The Federal Energy R&D Programme is an interdepartmental programme whose overall objective is to provide the science and technology for a diversified, economically and environmentally sustainable energy economy. The Panel is responsible for reviewing and coordinating the programme and monitoring its products. It operates through a system of interdepartmental committees that incorporate private-sector recommendations, and the Office of Energy Research and Development of Energy, Mines and Resources Canada, which acts as the Secretariat to the Panel.

PERD resources are designed to augment the existing budgets of government departments in order to accelerate and coordinate their response to federal energy policy objectives. These departments contract out about 70 per cent of PERD funds to the private sector and to universities. In August 1988, Cabinet approved three years plus one planning year (1989–1993) of funding for federal energy R&D, with PERD's annual budget set at about $89 million.



INTRODUCTION

In Canada today, environment and energy are being accepted as two complementary parts of the vital whole known as sustainable development. For too long, they were treated as mutually exclusive – as if meeting urgent energy needs automatically meant destruction of our already fragile environment. As Prime Minister Mulroney makes clear in the passage that provides the epigraph for the report you are about to read, Canada is now firmly committed to meeting its future energy requirements without compromising its environment.

We need only look at the world economy to know that, ultimately, prosperity and a decent standard of life depend on secure, reasonably priced energy. At the same time, however, there is greater awareness that life itself hinges on a healthy environment now and in the future.

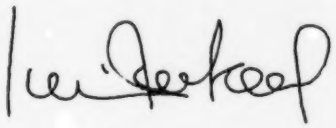
Canada was an early and strong supporter of the World Commission on Environment and Development, which, in its 1987 report to the United Nations, first articulated the concept of sustainable development. Sustainable development – which treats resources on the basis of their future, as well as their present value – is the key to development and exploitation of energy in the future.

The philosophy of sustainable development is a logical extension of Canadian experience during the past ten years, a period in which a healthy environment has become a primary consideration in evaluating energy policies and programmes.

Research and development is crucial if we are to make the most efficient use of our energy supplies and, at the same time, anticipate and prevent environmental problems. That is why, for the past decade, Environment Canada and Energy, Mines and Resources Canada have been exploring the link between the environment and energy, and have co-operated on this vital issue with other federal departments and agencies, with universities and the private sector, through the Panel on Energy Research and Development (PERD), the focus of this report.

Research is helping us learn how energy production affects the environment and how pollution can be reduced and environmental damage minimized. Through the panel Environment Canada assists other departments and the private sector to develop new environmentally sustainable energy options, better methods of controlling water and air pollution, new waste management techniques, and a clearer understanding of terrestrial and offshore climatic systems. Panel funds are also used to stimulate research into specific questions related to energy, environmentally positive energy options, and the development of better energy regulations. These measures support the commitment of the Government of Canada to sustainable development in energy, as in all areas of Canadian life.

I trust that you will find in these pages a clear understanding of what is being accomplished by research and development projects that hold the promise of plentiful energy supplies in an environmentally sustainable world.



Lucien Bouchard
Minister of the Environment

The Mackenzie delta – delicate ecosystem.

Heavy oil pump jacks in Alberta.

Oil sand tailing pond and the Syncrude plant.

THE WESTERN PETROLEUM BASIN

Canada is blessed with a great variety of energy resources. Across the country large rivers have been developed for hydro-electric power, and in the West and the East we have considerable reserves of natural gas, oil and coal. Forests provide wood for fuel, and there is abundant sunlight for solar power. All these energy sources are being tapped, and the result is abundant, low-priced energy for domestic and industrial use. Canada's major accessible oil and gas reserves are found in the Western Basin, which extends from the northeast corner of British Columbia to the southwest corner of Manitoba. Under PERD, Environment Canada has developed research programmes on all aspects of the environmental impact of exploring, operating and extracting these reserves. Concerns here are focussed on drilling wastes, gas plant wastes, gas flares, and upgrader wastes. All this research is designed to improve management of the conventional oil and gas industry, as well as to enhance the government's ability to regulate and protect the environment.

One of our largest energy resources – the oil sands and heavy oil reserves of Alberta and Saskatchewan – has hardly been tapped. Only a few plants are extracting oil from these reserves, because of the expense and technical difficulties of oil recovery and the severe climatic conditions under which the work must be conducted. There are two distinct approaches to oil sand extraction. Where the oil sands are near the surface, open-pit mining techniques can be used. The in situ technique currently used on deeper oil sands and heavy oils consists of injecting steam into the ground, heating the oil to make it flow better, and then separating the oil from the water after it is pumped to the surface. However, both methods have significant environmental impacts.

Oil sands extraction at the Syncrude and Suncor sites uses the Clark Hot Water Process. This process produces tailing ponds containing enormous volumes of contaminated water (the Syncrude tailing pond, for example, covers 22 square kilometres), and piles of sandy tailings that are difficult to revegetate under semi-Arctic conditions. The same extraction process has been chosen for the recently approved OSLO oil sands project.

Oil sands extraction generates large quantities of contaminated water containing chemical and oil residue that, if not removed, will damage the delicate northern ecology, the Athabasca river system and local groundwater reserves. Because the industry uses some of the high-sulphur oil for the extraction process, there is also a certain amount of air pollution. This is worse in winter, when calm air conditions give rise to inversion layers that keep the polluted air near the ground. The PERD programme has been used to study many of these issues. Research has concentrated particularly on defining the distribution of the worst pollutants (especially phenols) in oil deposits and reducing the environmental damage they can cause, and on finding ways to improve the water treatment process.

WATER TREATMENT AT LINDBERGH

A major research effort is under way to find an economical and reliable way to recycle or discharge the water used in the in situ heavy oil extraction process. The contaminated water produced by this process contains excessive amounts of certain chemicals that eventually render the water unusable. If sustained re-use is to be achieved, the water must be either diluted or treated. At the moment, no demonstrated technology exists for removing the chemicals; however, Abbas Zaidi of the Wastewater Technology Centre in Burlington, Ontario, has worked with the Alberta Oil Sands Technology Research Authority (AOSTRA) and several oil companies to evaluate removal processes such as vapour compression evaporation and electrodialysis. Pilot tests are being conducted by the Dearborn Chemical Co. Ltd. at the Amoco Canada site in Lindbergh, Alberta, and at Environment Canada's Wastewater Technology Centre.

The costs of this work, like most of the research funded by PERD, are shared: the major players are AOSTRA (50 per cent) and Environment Canada (26 per cent), with the oil companies in question (Amoco Canada, Murphy Oil, Pan Canadian and Westmin Resources) sharing the remaining 24 per cent.

LAND TREATMENT DISPOSAL OF OILFIELD WASTES

Large amounts of oily wastes, generated during the production of heavy oil in western Canada, must be disposed of in an environmentally sound and economically feasible manner. For example, over 100 000 cubic metres of such waste oil and sludge are produced annually in Alberta alone. Research at the University of Calgary's Kananaskis Centre for Environmental Research is focussing on this issue. The research is jointly funded by Environment Canada and the Canadian Petroleum Association.

Particular attention is being paid to the rate of oil degradation and the potential environmental effects, as well as to our ability to return waste treatment sites to full agricultural production. Other concerns include the amount of groundwater contamination. Results provide a scientific base for the establishment of industrial guidelines for the land treatment of oilfield wastes. These research activities are coordinated by Rick Scroggins of Environment Canada.

Terri Bulman, Environment Canada, studies oily sludge waste disposal.

Crew de-icing vessel during stormy conditions.

Beaufort Sea oil exploration.

SAFE DESIGN OF OFFSHORE OIL AND GAS FACILITIES

The design and safety of offshore oil and gas operations in Canadian waters are a matter of concern to industry, government, and the public. Not only did the Ocean Ranger sink in a storm with the loss of 84 lives, but the rig Rowan Gorilla capsized recently while under tow off Canada's east coast. In the latter incident the entire crew was saved, thanks in large part to design and safety regulations implemented by the Government of Canada and administered through the Canada Oil and Gas Lands Administration (COGLA).

Two of the more critical factors in planning safe offshore exploration are the engineering design of the platforms and attendant vessels, and an appreciation of the enormous power of offshore storms. Under PERD, Environment Canada is conducting research that will lead to the development of improved safety standards and the ability to better predict the intensity, track and timing of offshore storms.

The safe design of offshore facilities requires an in-depth knowledge of the various forces that can affect them. We must consider not only the enormous waves generated in winter storms but also the wind, sea ice, icebergs, the effect of ice build-up on the rigs and vessels, water pressure at great depths, and undersea currents that can affect pipelines and other submerged equipment. Designers must also deal with the complex issue of the interaction among these forces.

Research in this field, directed toward a better understanding of the natural physical forces at work, is managed by Environment Canada's Atmospheric Environment Service at Downsview, Ontario, and the National Water Research Institute located at the Canada Centre for Inland Waters in Burlington, Ontario. Research is undertaken in cooperation with a wide range of private companies, such as Seaconsult Ltd. of St. John's, Newfoundland, and MacLaren Plansearch Ltd. of Halifax, Nova Scotia.

WIND AND WAVE HINDCASTING IN THE BEAUFORT SEA

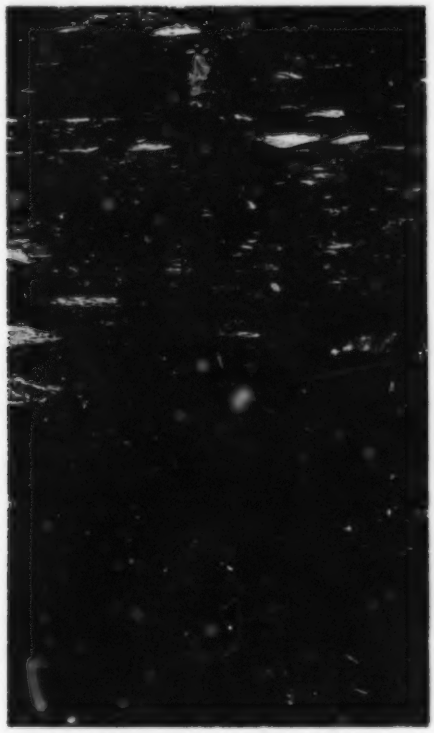
In the absence of ice, waves are the dominant load on offshore structures. Wind-driven currents and storm surges may also be important considerations, especially in the Beaufort Sea. For these reasons, an accurate climatology of wind and waves is critical for many engineering designs.

Over the past year, such "hindcast" wind field information bases for large wave-generating storms have been produced for 20 Beaufort Sea summer storms and 14 winter storms. These wind fields are used in a cooperative programme with Fisheries and Oceans, as input data for wave, current, surge and ice motion models for the area.

A major initiative was undertaken to produce extreme wind and wave hindcasts for the Grand Banks, Scotian Shelf and Georges Bank. This joint project is part of a larger plan to completely describe the wind and wave regimes (both normal and extreme) for east- and west-coast waters, in accordance with the recommendations of the Royal Commission on the Ocean Ranger Marine Disaster. Many other agencies are involved in this plan, including the oil and gas industry and the federal departments of Fisheries and Oceans, National Defence, Transport Canada, and Energy, Mines and Resources Canada.

These projects contribute to safer, more economical and environmentally sound offshore energy development.

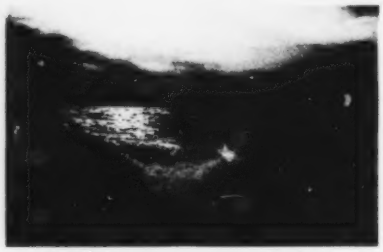
Determining the processes that generate waves and their powerful forces requires considerable ingenuity and resources. The really important information on the worst conditions is difficult to collect. Under the direction of Dr. Mark Donelan, Scientists at Environment Canada's National Water Research Institute utilize an off-shore tower to make remote recordings of physical information and transmit the data to their laboratory on shore. The study on "Deep Water Wave Breaking and Wave-Turbulence Interaction" is yielding results that improve our understanding of how winds generate waves and ocean currents. With this better understanding we can improve the engineering design of offshore structures, accurately calculate the mixing of pollutants spilled in oceans, and extend our knowledge about the interchange of energy, heat and gaseous pollutants between the atmosphere and oceans.



ICING ON OFFSHORE STRUCTURES

Under extreme conditions, ice build-up from freezing spray can cause a vessel to capsize and, in combination with more powerful wind and wave forces, can compromise the stability of offshore floating platforms. It can immobilize safety equipment, interfere with communications, and create dangerous working conditions. It is therefore important to quantify the icing hazard for vessels and offshore structures operating in Canadian waters. Research is difficult, since data must be collected in the most trying weather conditions. Under the direction of Ross Brown of the Atmospheric Environment Service (Canadian Climate Centre) in Downsview, this subject has been investigated in the laboratory, at sea, and by the development of detailed computer models. A drill rig icing model is run as part of a cooperative project with the Norwegian Hydrotechnical Laboratory. The work includes continuous monitoring of icing on drill rigs, supply ships, and fishing vessels, and the results are used in the design of new offshore structures and vessels.

Ross Brown manages the drill rig icing model studies at Environment Canada.



Wave breaking, Cape St. George, Newfoundland.

Gannet breeding colony on the shoreline.

SAFE OPERATIONS IN OFFSHORE OIL AND GAS DEVELOPMENTS

Just as the design of offshore equipment is important, the safe management of operations is of concern to all Canadians. The responsibility for safety is in the hands of the oil industry, but plans are overseen by the Canada Oil and Gas Lands Administration (COGLA) and the regional offshore petroleum management boards, such as the Canada-Newfoundland Offshore Petroleum Board. COGLA relies heavily on the scientists of Environment Canada and Fisheries and Oceans to provide detailed information on, and understanding of, the harsh physical conditions (currents, winds, ice, and waves) under which the exploration and exploitation of our offshore petroleum resources must take place.

Additional research is under way to examine the impact of oil exploration and development on the environment. This has included studies on drilling muds (the debris left after a well is drilled), the monitoring of oil from aircraft, and the efficiency of chemical oil-dispersants used when a spill occurs. Results of these studies have been used by COGLA in the development of regulations for offshore discharges from oil and gas facilities. Particular attention has been paid to studies on the impact of spills on marine life and the shoreline. For example, the potential for the tainting of commercial species of fish and shellfish by spills of oil and gas condensates is being assessed. Canadian Wildlife Service biologists have undertaken research to determine the extent and significance of sea bird oiling, including the long-term damage that small quantities of oil might have on the birds, both directly and indirectly, and the particularly damaging effect of oil in the harsh environmental conditions of the Arctic, where stress from the intense cold can reduce the birds' residence to pollutants.

UNDERSTANDING OCEAN STORMS

Under a programme partly funded by PERD, the Canadian Atlantic Storms Programme (CASP) was established to improve understanding of ocean storms. This project measured oceanic and atmospheric conditions over the Scotian Shelf and the entire Atlantic Canada region during 16 east-coast winter storms in 1985-86. The project was conducted in conjunction with a major American project called GALE, which also monitored storms along the Atlantic seaboard. CASP, a joint venture of Fisheries and Oceans and Environment Canada, involved scientists from the National Research Council of Canada, National Defence, and the United States. Environment Canada's efforts were directed by Ron Stewart and George Isaacs of the Atmospheric Environment Service. Weather station operational staff and representatives from McGill University were involved as well, and many residents of the Maritimes recorded specific data throughout the period of the study. The total cost of the CASP/GALE field project amounted to $22.5 million; of this, $4.5 million was provided by the Canadian government. The balance was covered by the United States Navy and other American scientific agencies.

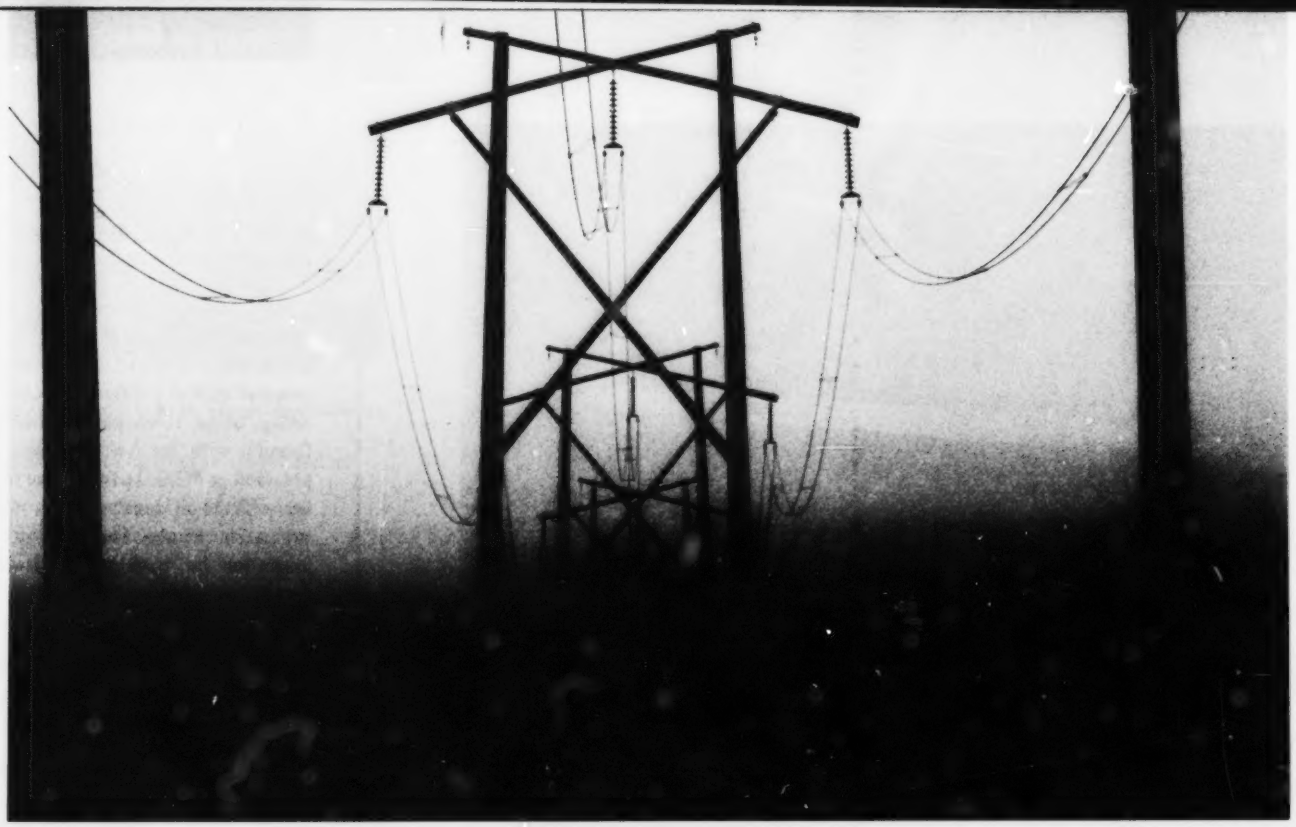
The programme captured an unprecedented amount of data over two months, using an extensive array of current-, wind-, and wave-measuring instruments, land-based meteorological instruments, aircraft overflights and coastal radar observations of waves. The comprehensive set of data obtained is unique, and has helped us to understand and predict storms in the region, to design equipment that will survive in that environment, and to establish procedures that will protect both people and the environment.

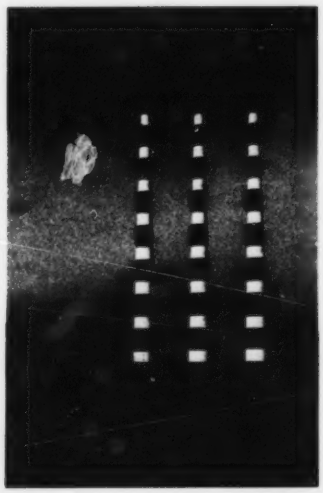
REMOTE-SENSING MONITOR FOR SPILLS

Oil spills are inevitable. Their effective management requires immediate warning of their occurrence as well as continuous monitoring. Since 1984, Environment Canada, with the help of funds provided by PERD, and in cooperation with the oil industry, has been evaluating remote-sensing instrumentation for tracking the presence of oil on water. The objective has been to develop a monitoring and warning system to detect and track both deliberate and accidental oil discharges offshore. This system, mounted on oil rigs or production platforms, allows for early spill detection. The Infrared Oil Film Monitor, manufactured by Wright and Wright Inc. in the United States, is the system that has been chosen. It is now undergoing modifications to improve its sensitivity under very rough sea conditions.

Aircraft-mounted instruments measure atmospheric conditions during CASP.

Roger Percy and Sue Day of Environment Canada at oil spill monitoring.





Coal-fired generating station in Nova Scotia.

COAL

Our society is dependent on electricity: it runs our factories, homes, hospitals, and airports. Hydro-electric dams and nuclear power plants meet a large percentage of our requirements, but as we use up feasible hydro sites and as the cost of nuclear power plants increases, we are turning more to coal-fired plants. However, like dams and nuclear power plants, coal-fired plants and coal mining have an environmental impact.

Environment Canada, with funding from PERD, has focussed its attention on the main environmental effects of coal-fired power plants. The most serious pollutants from these plants are the acidic flue gases which, after emission into the atmosphere, return to the earth dissolved in rain (acid rain). Measures to remove the acidic compounds from coal-fired power plant flue gases often produce large quantities of solid waste by-products that are themselves sources of environmental concern. Disposal sites containing these by-products may release irritating dust, contaminate water supplies, or be physically and chemically unstable and therefore unsuitable for further use. In addition, the wastes and activities associated with coal mining, processing, drying, storing and transportation can have an adverse impact on water, air, and land.

Environment Canada conducts and supports research and development into better environmental protection standards under the Canadian Environmental Protection Act (CEPA). It also seeks new ways to prevent and control pollution. Together with Energy, Mines and Resources Canada and the utilities, the Department is actively involved in examining processes to reduce the amount of waste or to produce waste that is more stable and less likely to pollute groundwater and surface runoff. Another target of the research is to produce material that is amenable to recycling.

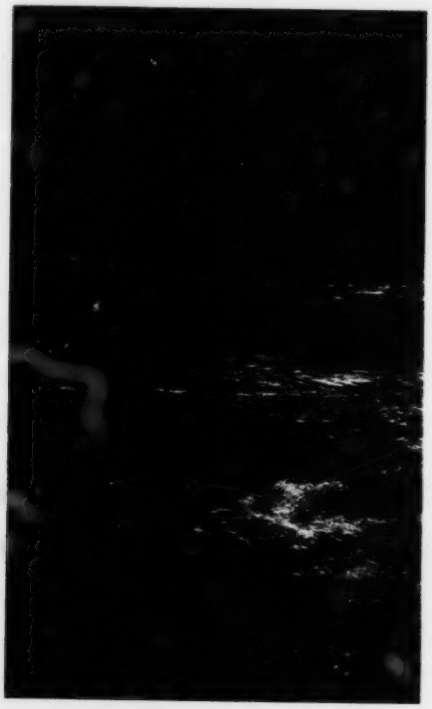
AIR POLLUTION CONTROL

A relatively new approach to reducing air emissions of sulphur dioxide involves injection of a sorbent, such as lime or limestone, into a coal-fired boiler. The sorbent reacts with sulphur dioxide to form solid sulphur-containing by-products that are removed from the flue gas along with ash particles. Although this technology is inexpensive compared with other sulphur dioxide removal technologies, it is relatively inefficient. Research, development and demonstration related to improving the efficiency of sorbent injection technology is being conducted jointly by Ontario Hydro, Saskatchewan Power, Environment Canada, Energy, Mines and Resources Canada, and the Canadian Electrical Association. Recent results indicate that removal of 80 per cent of sulphur dioxide is achievable using sorbent injection, a much higher efficiency rate than that found in past investigations. A promising modification of the system can also remove up to 90 per cent of nitrogen oxides, and thus may help Canada meet its international obligations to control these substances.

Other approaches to removing sulphur dioxide from flue gases include a technology called flue gas desulphurization, which consists of "washing" the flue gases with a sorbent that reacts with sulphur dioxide to form by-products that can then be separated from the washing solution. Another technology, fluidized bed combustion (FBC), consists of burning coal in a bed of limestone; this reacts with sulphur dioxide to form by-products that can be removed with the ash waste. Research on the management of by-products from both these technologies is directed by Geoff Ross of Environment Canada, and is being conducted by private companies such as Dearborn Chemical Co. Ltd. and Canviro Consultants, both of Mississauga, in cooperation with Energy, Mines and Resources Canada, the Canadian Electrical Association, the New Brunswick Electric Power Commission, and Nova Scotia Power Corporation. An example of this work is the field demonstration of environmentally appropriate landfill disposal procedures for FBC solid wastes. This work is being carried out at the Chatham, N.B., FBC power plant, which was financed by Energy, Mines and Resources Canada and is operated by the New Brunswick Electric Power Commission. The work has demonstrated procedures for conditioning and placement of FBC solid wastes in a disposal site so that dust emissions are reduced and the waste occupies a smaller volume, is physically stable, and is resistant to penetration by water.

COAL MINING

Work is in progress to develop a process to remove the pollutants from coal mining and processing wastewater. Such wastewater can contain various pollutants, including low levels of nitrogen compounds from blasting operations. Chemicals of this type can cause significant degradation of natural receiving water, and are difficult and costly to remove with conventional pollution control equipment. Tests are being conducted on a natural process involving the growing of plants in wastewater in order to extract the nitrogen. This research, supervised by Bill Blakeman and Bryan Kolso of Environment Canada, is being performed by two Vancouver companies–Norecol Environmental Consultants and M. Ross Consultants–and by coal companies such as Quinsam Coal Ltd. of Campbell River, British Columbia.



Geoff Ross, Environment Canada (left), Ray Kissel, Dearborn Chemical Co. Ltd.

Monitoring impact of coal mining in B.C.

SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT

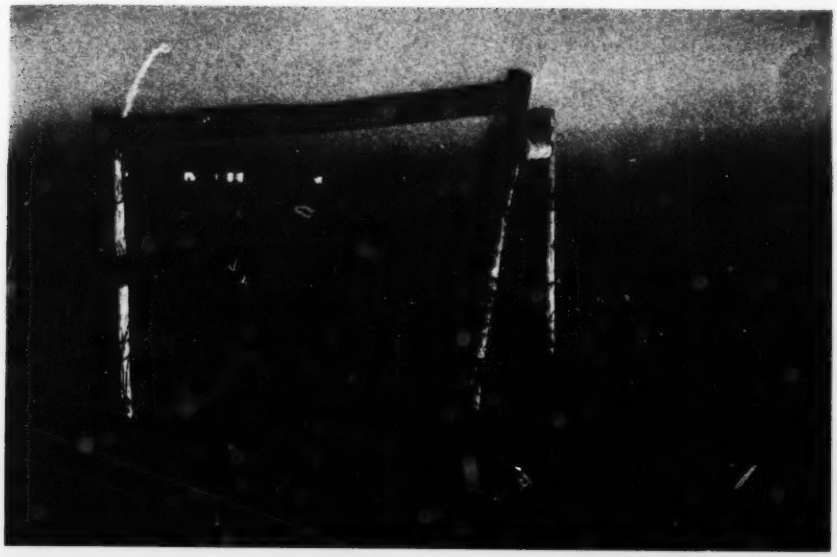
For the better part of this century, Canada has relied for much of its economic development on its finite fossil fuel resources. In recent years, it has become increasingly obvious that the impact of fossil fuel use on the environment is more serious than originally believed, and that this issue must be addressed. The rate at which chemicals are released from energy-generating operations seems to be in excess of the atmosphere's absorption capacity. These operations could have an enormous impact on the world's environment and economy.

While it is reasonably easy to understand and solve such obvious pollution problems as discharge spewing into a river or black smoke belching out of a smoke stack, many gaseous pollutants are subtle and inconspicuous, and yet potentially more damaging. Three related issues are of great concern to Canadians today: the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere, acid rain, and the destruction of the ozone layer in the upper atmosphere. If fish die in a lake because of acid rain, the average person will notice, but there is no way for that person to see the cause. If there is progressive climatic warming as a result of CO_2 build-up in the atmosphere, leading to an increased incidence of Prairie drought, farmers will notice but may not know the cause. One of the important roles of government scientists is to attempt to understand and study the cause of these major global environmental changes, discover solutions to them, and provide advice and information to decision-makers and the general public.

Finding the cause and taking appropriate action is difficult. Understanding climatic change requires very sophisticated instrumentation to measure the flow of carbon dioxide as it circulates throughout the atmosphere and through forests and oceans. It also requires computer models to determine how CO_2 levels affect the climatic system. Only detailed monitoring can tell us whether there really is a build-up of the gas in our atmosphere, and whether it is causing a warming trend (the so-called greenhouse effect). The next step is to estimate the long-term impact.

Another type of invisible air pollution is caused by sulphur and nitrogen oxides. These gases are produced by processes such as the smelting of copper, coal burning for electrical generation, and the use of gasoline in transportation. When dissolved in the atmosphere, they produce acid rain, which can be very damaging to vegetation and wildlife. Its full long-term impact has still not been determined, but our understanding of its effects improves yearly.

Finally, another very complex issue is the destruction of the ozone layer in the upper atmosphere. This layer provides a shield that protects us from cancer-causing solar radiation. People find it difficult to believe that fossil fuel combustion and the use of aerosol household cleaners and foam coffee cups have been responsible for destroying the ozone layer. Such causes and effects are becoming known because of the work of dedicated scientists such as Wayne Evans at Environment Canada.



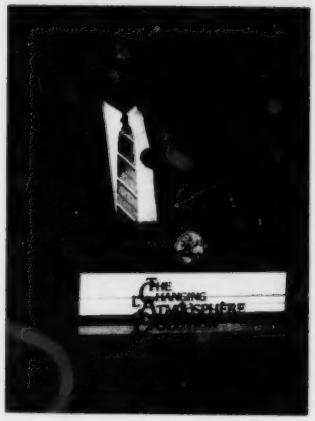
CO_2 COORDINATOR

Environment Canada, with funds from the PERD programme, has appointed a central co-ordinator, Henry Hengeveld, to the Climate Programme Office of the Atmospheric Environment Service in Downsview, Ontario. His role is to address the carbon dioxide issue, to advise on issues related to the greenhouse effect and climate change based on research in Canada and around the world, and to make all interested Canadians aware of these findings and their implications. This information integration and "packaging" for the use of other scientists and the public is most important in an era of rapidly changing science, vast quantities of information, and increasingly sophisticated technologies.

In June 1988, as part of the global coordination of such efforts, Canada hosted a major international conference in Toronto, funded by Environment Canada and other departments. This conference, entitled "The Changing Atmosphere: Implications for Global Security," was attended by Prime Minister Brian Mulroney and Prime Minister Brundtland of Norway, who had chaired the United Nations' World Commission on Environment and Development. The conference was chaired by Stephen Lewis, who was at that time the Canadian Ambassador to the United Nations.

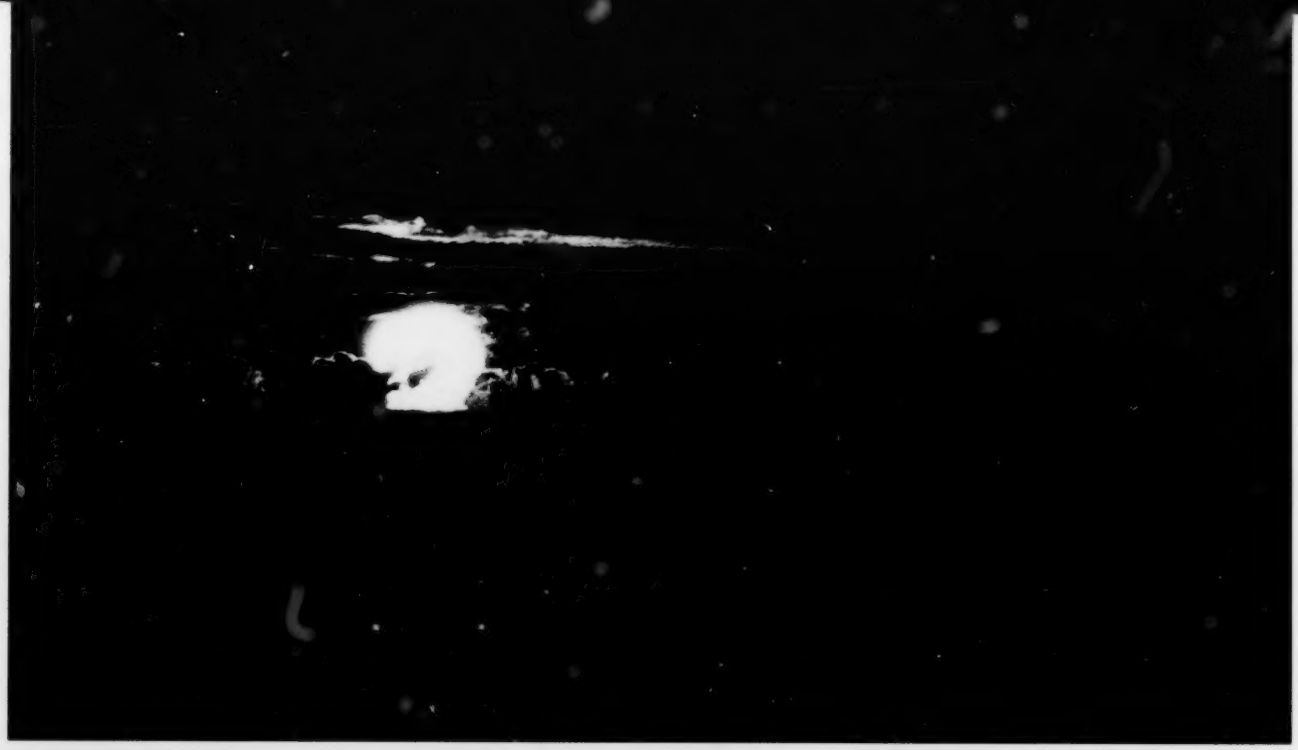
FLUX MEASUREMENT OF GASES

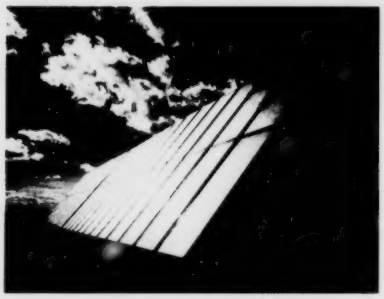
Research funded by PERD is also under way to develop methods to determine more accurately the quantity and type of pollutants in the atmosphere and monitor their movement. Greenhouse gases in the atmosphere are of particular concern. Carbon dioxide, nitrous oxide, methane, and chlorofluorocarbons (CFCs) are known to be increasing. These gases are essentially transparent to incoming short-wave solar radiation, but they absorb and emit outgoing long-wave radiation and are thus able to influence the Earth's climate. Whereas carbon dioxide has long been recognized as the most important greenhouse gas, the combined role of the other gases is almost as important in changing the climate. It will take considerably more research and integrated analysis before we know the full implications of the changing levels of these gases in the atmosphere.



Henry Hengeveld at the World Conference on the Changing Atmosphere.

Prairie drought – the changing climate.





Solar panels in operation, a supply of energy.

RENEWABLE ENERGY RESOURCES–SOLAR

Our fossil fuel resources are finite, but technically accessible at economical prices. Our renewable energy resources are essentially infinite, but we are having technical difficulties in realizing their potential at reasonable prices. Researchers around the world are attempting to find ways to reduce costs so that we can increase the role that renewable resources–particularly the sun and wind–play in supplying our energy needs.

At first glance, solar energy does not appear to contribute much to our present energy supply. There are relatively few solar panels to be seen, except in demonstration projects and on some houses, factories and government buildings. There are even fewer apparent uses for photovoltaic systems, which change sunlight into electrical energy. However, these systems actually play a major role in remote locations, where they provide reliable power to equipment such as Canadian Coast Guard buoys and telecommunication relay stations. Passive solar energy contributes significantly to keeping us warm, and with the increasing application of new Canadian building techniques (such as the R-2000 home design and advanced technology in window design) our homes and businesses will be heated more efficiently with solar energy. Greater use of solar energy will permit reductions in the tremendous amount of energy used in the form of firewood, which is still one of the most important energy sources for rural homes and certain industrial sectors.

Unlike many of the other energy sources used in Canada, renewable energy–especially solar, wind and small-scale hydro–creates few environmental repercussions. In order to develop and utilize solar technologies further, we must understand our solar energy resources. This is one objective of the Atmospheric Environment Service. With PERD funding, the Service, through contracts with private companies and universities, has been developing detailed databases of the solar energy potential across Canada. These are now available for use in the design of passive solar systems for buildings and the design and orientation of active solar systems.

Solar research is carried out under the direction of Bob Morris of the Atmospheric Environment Service. The first comprehensive solar resource atlas and an easily accessible database for Canada are two recent products of this research.

SOLAR RADIATION DATA ANALYSIS

Hourly solar radiation measurements are available in the AES National Climate Archives for some 50 locations across Canada. These data are not ideal for the design of solar energy equipment, as they are recorded on a horizontal surface and there is no information on the amount of solar energy provided by direct solar beam or diffuse light. To determine the benefits and feasibility of solar collection systems for energy cost calculations for buildings, more detailed measurements are needed.

To meet these requirements, the Atmospheric Environment Service developed a computer model that estimates the direct beam and diffuse solar radiation amounts on any user-defined surface, such as windows and walls. The number of locations nationally where the data are available has also been increased from the original 50 to 130.

Statistical summaries and maps of monthly average solar radiation are published in the *Solar Radiation Data Analyses for Canada* by Environment Canada, and are also available on magnetic tape and floppy disk. The information has been incorporated into two solar collector and R-2000 building design computer programmes used widely in Canada: WATSUN and HOTCAN.

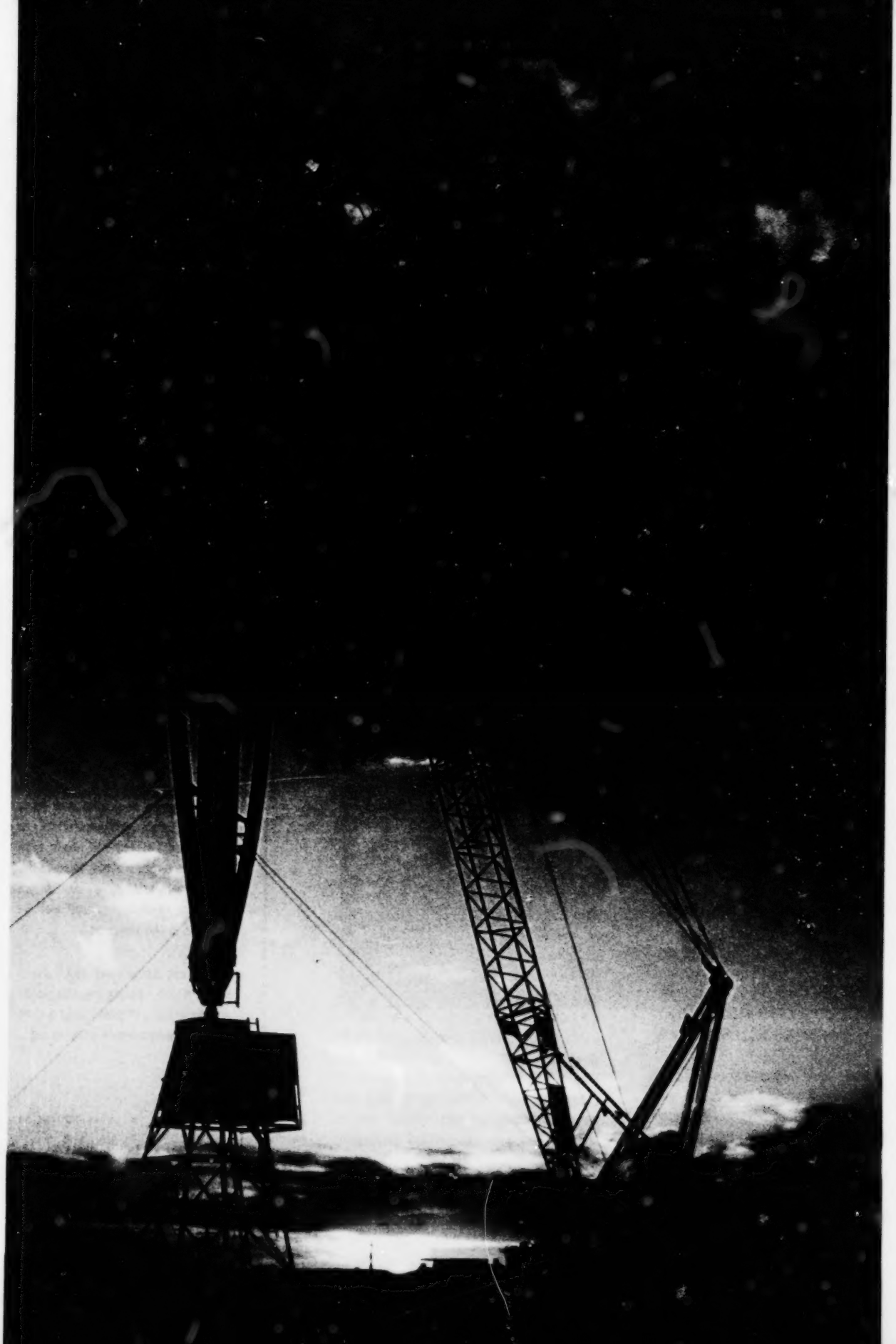
THE R-2000 HOME

Currently, energy-efficient houses (especially R-2000 super-energy-efficient houses) are being designed and constructed with passive solar energy as a primary consideration. PERD funding enabled the Atmospheric Environment Service to develop the solar information database required to support these projects across Canada. Site conditions permitting, a house is oriented toward the sun, with south-facing walls containing the most windows, and north-facing walls the fewest. Increasing the south-facing window area to between 8 and 10 per cent of the floor area allows an energy-efficient house to obtain 25 per cent of its heating requirements from the sun. Further, roof overhangs are positioned so that the sun's rays can shine unobstructed through the windows in winter, when the sun is lower in the sky, and yet be blocked in the summer.

Passive solar features reduce heating and cooling requirements and help keep the house at a comfortable temperature year-round.

Don McKay, a solar radiation researcher at Environment Canada.

An energy-efficient R-2000 home.



RENEWABLE ENERGY RESOURCES–WIND

Wind energy may become a more important energy source in the future. It is clean and available indefinitely, but its diffuseness and variability make extraction of usable power expensive. In Canada, major emphasis has been placed on the "egg-beater" design of the Darrieus windmill, named after its French inventor. The Canadian work was initiated at the National Research Council of Canada, and research has concentrated on lowering costs so that eventually wind turbines will be able to compete with other sources of energy.

No wind sites can be selected or turbines chosen without detailed knowledge of the local wind "resource". The Atmospheric Environment Service has produced a mean wind speed map and mean annual wind energy density map as an initial evaluation of the wind energy regime in Canada. Data for these maps were gathered in 140 sites across the country over a period of ten years. Since characteristics can vary from year to year, the interpretation of wind climatology is difficult. Measurements are still being made at some sites on annual average wind speed, turbulence levels, seasonal wind patterns and daily changes in wind.

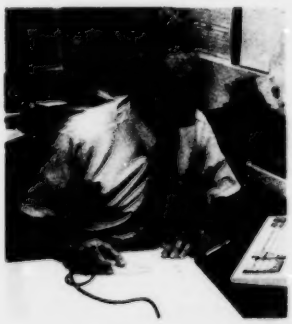
As part of the overall government effort to stimulate the development of wind energy, a number of large demonstration windmills have been funded across the country. The two largest are at Îles-de-la-Madeleine and Cap-Chat, both in Quebec.

WIND FLOW OVER A HILL: COMPUTER-GENERATED RESULTS

Although the data in a wind atlas can indicate the best regions in Canada for locating a windmill, they do not give sufficient information for selecting actual sites within that region. The wind climatology at a "standard" measurement site such as an airport is seldom adequate for sites located some distance away, because local topographic features can drastically alter the wind energy potential. It is obviously not feasible to make long-term measurements at all potential wind energy sites across the country. Instead, a major PERD-funded programme has been conducted by the Atmospheric Environment Service, under the direction of Dr. Hans Teunissen and Dr. Peter Taylor, to identify, understand, and attempt to model the effects of topographic features such as hills on the wind flow above them. These effects can then be taken into account for any site without necessarily having to make in situ measurements. Field measurements, wind-tunnel simulations and mathematical modelling of wind flow over hills have been carried out and have produced results and guidelines that are now routinely used world-wide to estimate wind energy potential at specific sites.

A DARRIEUS AT CAP-CHAT

Demonstration of new large windmills began with an energy resource assessment carried out by the Atmospheric Environment Service, Hydro-Québec, and the National Research Council. Engineers from Lavalin and private consultant Dr. J.R. Salmon were also involved. Sixty-metre meteorological towers were installed at four sites to take advantage of the strong winds in the St. Lawrence valley and on the Îles-de-la-Madeleine. In 1982, the National Research Council of Canada and the Institut de recherche d'Hydro-Québec signed an agreement to share equally the $35-million cost of putting the prototype in place. Suppliers were Versatile Vickers, Canadian General Electric and Hayes Dana Corporation. The site selected was Cap-Chat. In 1986 the project was transferred to Experts-Conseils Shawinigan Inc. to commission and run commercially. During site selection and project design, the Atmospheric Environment Service, and particularly Dr. Peter Taylor, provided detailed micro-meteorological data on the wind regime.



A Darrieus windmill being mounted.

Wind flow over hill test in wind tunnel.

Bob Morris, a wind scientist.

Shredded tires – demonstrating an energy source at the Lafarge Canada Inc. cement plant in Quebec.

DEMONSTRATIONS OF RESOURCE AND ENERGY CONSERVATION

One important role of government is to help society adapt to changing conditions. New industrial technologies provide new products and reduce the costs of everyday items. Unfortunately, such changes also generate increasingly complex chemical pollutants and greater quantities of industrial and household waste. At the same time, the available waste disposal sites in many communities are nearly full, and new sites are difficult to obtain. While the business community is financing the development of new technologies, few are dealing with the resulting build-up of pollutants and garbage.

A major selection criterion for Environment Canada's Development and Demonstration of Resource and Energy Conservation Technology (DRECT) projects is energy conservation. This takes many forms; one example is the recovery and use of methane gas produced at the municipal landfill site in Kitchener, Ontario. Through PERD, DRECT is funding research on the recovery and recycling of various waste materials from industry. Processes have been developed, for instance, to recover chromium from metal plating wastes in the Thermonic plant in Boucherville, Quebec, and to recycle nitrogen waste from a fertilizer plant in Maitland, Ontario. In these installations, plant waste constituted a significant pollutant. The processes not only cleaned up the pollutants, but also resulted in energy savings and economic benefits both to the plant and to the industrial sector in question.

Combining energy conservation with recycling maximizes the benefits that can be obtained from research. Another good example of this principle at work is the substitution of old tires for oil in the firing of industrial plants. The large number of car and truck tires discarded each year presents significant landfill, aesthetic, and safety problems for our cities. Funds from PERD have been used to design a system to burn these tires in cement kilns, reducing the amount of natural gas or oil used in this energy-intensive process. At the Lafarge Canada cement plant in St. Constant, Quebec, this research has been taken to the commercial stage.

RECYCLING, RESOURCE RECOVERY AND ENERGY SAVINGS

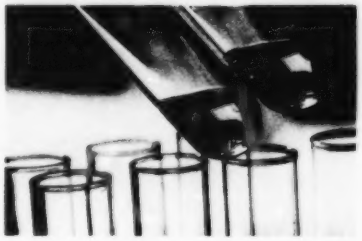
Through DRECT, Environment Canada stimulates the development of new technologies to solve pollution and garbage disposal problems. The programme, managed by George Hill, Dave Campbell and Adrian Ross, provides research funds for developing methods of recycling wastes so they no longer pollute, for removing pollutants before they enter the environment, and for reducing the energy used in industrial processes, in order to minimize the attendant environmental impact.

DRECT also provides funds and technical advice to such successful enterprises as the Canadian Waste Material Exchange, now coordinated by Ortech International, a non-profit organization, and Papersave, the federal fine paper recovery programme administered by Supply and Services Canada and Public Works Canada, and managed by Energy Pathways Incorporated.

Environment Canada seeks to ensure that taxpayers' money is used as effectively as possible. Rather than fund all the research, the Department uses small amounts to stimulate investments by provincial governments and industry. Thus, $22.6 million in other funds have been added to the $5.4 million in PERD R&D funds used for 39 projects since 1978. Provinces and municipalities contributed $6.6 million of this amount, and the private sector $16 million.

The use of PERD funds in such a truly cooperative R&D effort has been most effective. A broad range of research projects is producing new, commercially viable processes that save energy and help clean up the environment. The business community is converting these research findings into marketable technologies. It is estimated that the overall impact of the programme up to 1988 has been as follows:

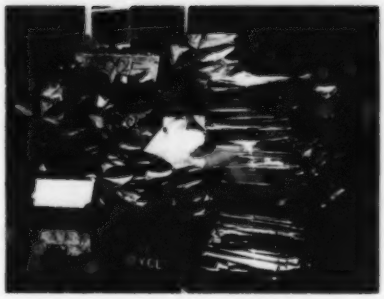
- savings of 60 million barrels of oil-equivalent energy;
- 50 million tonnes of waste material recovered;
- the creation of over 2 000 permanent new jobs;
- the expenditure of over $200 million on capital projects;
- more than 2 500 new construction jobs.



ANACHEMIA DEVELOPS NEW TECHNOLOGY

Anachemia Solvents Ltd. of Mississauga, Ontario, is extracting solvents from paint and chemical manufacturing wastes and burning the remaining sludge to generate steam. The process uses hot sand to evaporate the solvents, which are then recovered by condensation. The waste, along with the sand, is then burned and the sand re-used. This new method provides a net economic gain to the companies that use the technology. Total potential energy savings in Canada from the application of this technology are estimated at 100 000 barrels of oil per year.

Recycling waste solvents for re-use.

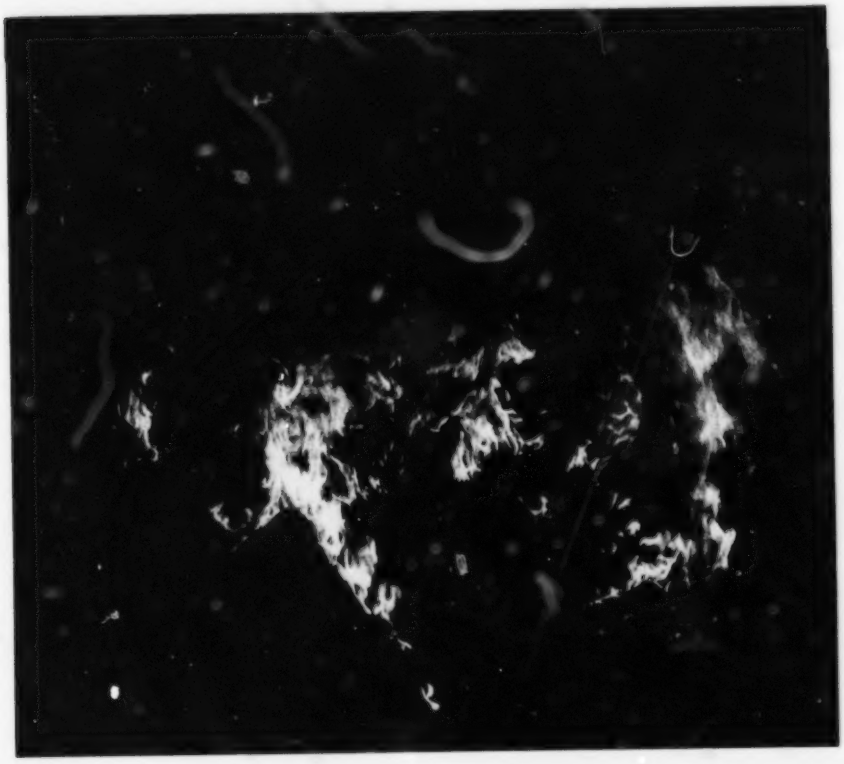


"Blue Box" recycling – waste reduction.

MUNICIPAL SOLID WASTE

One only has to look at the disposal cost for municipal waste over the last few years to appreciate that the garbage we produce represents an important and expensive land-use problem. Dumping fees, which used to range from $10 to $15 per tonne, are now over $50 in Canada, and over $100 in some parts of North America. The media recently highlighted the case of a barge carrying garbage that travelled around the western Atlantic and Caribbean for weeks before returning to the place where its journey began.

Solid waste disposal is a major issue in today's urban society. Transporting the waste further away to municipalities with more room for landfills has become an unacceptable alternative; however, many other solutions are available. Cutting consumption, reducing the throw-away component, recycling and incineration can all significantly lessen the quantity of garbage sent to the dump.



NATIONAL INCINERATOR PROGRAMME

Environment Canada has used PERD funds to establish the National Incinerator Testing and Evaluation Programme (NITEP) to investigate combustion, computer control, stack measurement and emission control technologies for waste incineration. This programme is managed by David Hay, Abe Finkelstein and Ray Klicius of Environment Canada.

The research results are being used as a database for a state-of-the-art computerized system that maximizes efficiency and reduces emissions by improving combustion. This information is being made available to interested parties across the country in order to speed the application of new research findings.

At the Parkdale, Prince Edward Island, energy-from-waste facility, research has developed effective ways of controlling burning, and a new furnace combustion chamber has been developed for the incinerator. Quebec City modified one of its incinerators, operated by Monterey Inc., for a full-scale demonstration of upgraded waste incineration. With the cooperation of Flakt Canada, two different pollution control systems were tested at a pilot plant built next to the City's incineration facility. The results showed a significant reduction in both organic and metal emissions. In fact, dioxin emissions from the modified furnace were well within established limits and 40 to 100 times lower than for the original facility. A similar decrease in particulate emissions was achieved. Since these results have proven so attractive, the Quebec Urban Community is currently converting the whole facility to this technology.

NITEP research on energy-from-waste has put Canada at the leading edge of world expertise in the field. A multi-million-dollar cost-shared test of refuse-derived fuel (RDF) burning is currently being undertaken in the United States by the U.S. Environmental Protection Agency and Combustion Engineering at a new RDF facility in Hartford, Connecticut. Methods for incinerator ash characterization and sound ash disposal practices have been developed under the programme.

ENERGY FROM SOLID WASTE: THE POTENTIAL

Energy-from-waste in Canada has a great deal of potential; a major programme, if implemented in conjunction with waste recycling, would contribute significantly to reducing the immediate impact of solid waste and would also cut toxic waste pollution. The economic impact would be considerable, as the following points show:

- **we produce 16 million tonnes of refuse per year, which is equivalent to 18 million barrels of oil;**
- **over 30 new energy-from-waste plants would be required by the year 2000;**
- **this would involve over $10 billion in capital expenditures;**
- **the construction would provide 120 000 jobs;**
- **5 000 new permanent jobs would be created.**

Abe Finkelstein with Ted Brna (U.S.EPA) at Connecticut incinerator test site.

Proper incineration – improved combustion creates energy from waste.

MUNICIPAL AND INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Water is essential to our lives. On average, we each use about 450 litres of water a day. We drink it, cook with it, wash and play in it. Water carries wastes from our bodies, our homes, our businesses and our industries. At one time, it was possible to discharge waste into waterways without treatment because, in reasonable quantities, it could be assimilated through a natural process called biodegradation. When waste quantities are too great, or when the waste is not easily biodegradable, water quality is reduced, restricting our use and enjoyment of water resources.

As industrialization continues and cities grow, the amount of waste increases, as does its variety and complexity. Typical sewage includes human and animal wastes, garburated vegetable matter, detergents and solvents, cooking oil and grease, nutrients such as nitrogen and phosphorus that accelerate the growth of algae, and a host of complex industrial products. Natural biodegradation cannot possibly cope with this load, and some form of treatment is necessary before the wastewater can be returned to the environment. As the waste becomes more difficult and costly to handle, alternative, innovative and cost-effective solutions must be found.

At Environment Canada's Wastewater Technology Centre (WTC) in Burlington, Ontario, scientists are developing and demonstrating new processes to deal with wastewater produced by industrial processes and municipalities. Business and industry, municipalities, provincial agencies, universities, consultants, Environment Canada and other federal departments all play a part. If industrial and municipal waste treatment processes can be modified to use fewer chemicals, and waste can be re-used or treated more efficiently by using less energy, the end result will be cost reductions and a cleaner environment. This is a major theme of the Centre's PERD-supported programme.

OIL FROM SEWAGE SLUDGE

Sewage sludge is a by-product of the wastewater treatment processes used to render industrial and municipal wastewater less harmful to the environment. Canada alone produces over 500 000 tonnes of sewage sludge each year. Disposal of these vast amounts of sludge is cumbersome and expensive. The sludge from large cities is often incinerated, but it is also widely used as fertilizer in agricultural applications, or occasionally disposed of in landfills. Some municipalities dispose of their sewage sludge by dumping it into the ocean. Whatever the method used, the annual costs of disposing of sludge are often as high as 50 per cent of the annual cost of treating wastewater. Annual sludge disposal costs for Canada are approximately $100 million.

In 1982, Trevor Bridle and Herb Campbell of the Wastewater Technology Centre initiated a programme to study the conversion of sludge to usable energy. They examined a process that had been identified at Tübingen University in Germany. The process involves heating dried sludge to temperatures of 300° to 350° Celsius, for about 30 minutes, in an oxygen-free environment. The conversion process produces several by-products: oil, char, reaction water, and non-condensable gas. The main product is oil, but the gas and char also have energy value and can be used as fuel for the drying/conversion process. This technique produces fuel oil in much the same way that nature produces crude oil, but the process is accelerated so that it is completed in 30 minutes, instead of millions of years.

The WTC process has many benefits. Both raw and digested sludges can be used, and the oil produced is storable and transportable, unlike energy recovered from methane or steam, which must be used quickly on site. The product is suited for use as fuel oil, and may be upgraded to transportation fuel. The oil can be sold, creating annual savings of $15–20 million from the 700 000 barrels of oil Canada could thus produce each year. This revenue could be applied to offset wastewater treatment costs. Although capital costs of conversion equipment are comparable to those of incineration, operating and maintenance costs for the conversion process are lower. For example, up to 95 per cent of the thermal energy present in the sludge can be recovered.

The conversion process currently can be applied only to municipal sewage sludges, but may eventually be applied to sludges from industrial processes as well. This process is so economical and innovative that it is of interest to municipalities all over the world, especially in Europe, where disposal costs are particularly high. Recent surveys have shown that Canada, the U.S. and Europe spend $2 billion annually on sludge disposal–and sludge production is expected to double in the next decade. Large sums expended on disposal can undoubtedly be saved through the sludge conversion process.

The WTC technology of producing fuel oil from sewage sludge has been patented by Canadian Patents and Development Ltd. At present two full-scale demonstrations of the technology are being planned in Canada.

CONTROLLED AERATION OF SEWAGE

When industrial and municipal wastewater is biologically treated to render it less harmful to the environment, part of the process usually involves aeration–the provision of oxygen. Aeration is an energy-intensive operation, and can account for a major portion of a sewage treatment plant's energy budget. With support from PERD, Gord Speirs of the Wastewater Technology Centre, in cooperation with Canviro Consultants and McMaster University, initiated a demonstration at the Tillsonburg, Ontario, water-pollution control plant. It was shown that automated control of an aeration system results in energy savings, improved operations, and reduced maintenance requirements. In addition to reducing operating costs, automated control creates significant capital cost savings by optimizing the treatment capacity of existing facilities and deferring plant expansions. At Tillsonburg, the automated aeration train is now capable of handling the entire plant, effectively doubling the facility's previous aeration capacity.

Herb Campbell with Gary Smylski (left), researchers of sludge technologies.

Iona Island wastewater treatment plant, Vancouver, British Columbia.

PULP AND PAPER

Canada's forests are its most abundant and extensive renewable resource. The pulp and paper industry is in a unique position in Canada. Although it is one of the largest consumers of energy of any industrial sector in the country, it also has the potential to increase its internal energy production considerably. In many cases, this improvement in energy utilization could be achieved with significant additional benefit to the environment. Research undertaken by Environment Canada as part of the PERD programme is designed both to increase the efficiency of energy use in the industry and to decrease the total discharge of pollutants from pulp and paper mills. This research was conducted in cooperation with the industry, represented by David Paavila of the Canadian Pulp and Paper Association's research group. John Betts of Environment Canada was the scientific authority for the programme.

The capacities of many kraft pulping mills are limited by the performance of the spent liquor recovery boilers, in which the heavy lignin waste that remains after wood pulping is burned for pollution control and energy recovery. Since the cost of an additional boiler can be in excess of $60 million, alternative approaches to relieving the bottleneck are needed. A major research thrust is consequently centred on the recovery of the spent liquor, and the control of the foul odours often associated with the operation of kraft recovery boilers.

Inefficient combustion in these boilers is the most important cause of energy losses. It is also to blame for the odours produced by incomplete destruction of organic compounds. Improvements in combustion can generate a 3-per-cent increase in constant load energy, and up to a 30-per-cent increase in the capacity of the boiler itself. It has also been estimated that a comparable increase in national production capacity would represent over $100 million in profit.

At Castlegar, British Columbia, a major pulp mill is demonstrating the new approach to improving the mixing of air and combustible gases in the lower portion of the firebox for a kraft recovery boiler, at a cost of $6 million. The federal government contributed $2 million to the project; the contractor, Sandwell Swan Wooster of Vancouver, $100 000; and the B.C. Science Council $90 000. The balance was provided by the pulp mill.

The handling of boiler soot is another area of concern, as soot accumulation in the recovery boilers reduces energy efficiency and increases operating costs. Soot removal can often cost a plant $60 000, plus $300 000 in attendant shutdown costs; there is also the loss of energy during operations from boiler inefficiencies caused by soot accumulation. New sensor equipment developed under this research programme is now in commercial production and is part of a programme to develop computer controls to maximize the economic efficiency of recovery boiler operations.

ANAEROBIC WASTEWATER TREATMENT

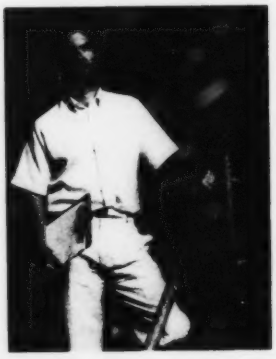
Wastewater discharged from pulp and paper mills contains various toxic and inhibitory compounds, in addition to large quantities of biodegradable pollutants. The traditional aerobic approach to treatment requires substantial energy expenditures to aerate the wastewater in large ponds. Anaerobic technology provides a more energy-efficient alternative for the treatment of higher-strength pulp and paper wastewater. Under anaerobic conditions, organic pollutants are recovered as a fuel-grade biogas, and the energy required for aeration is reduced.

Environment Canada's Wastewater Technology Centre (WTC) has worked extensively to support industry in the development and application of anaerobic treatment technology in Canada. In particular, Dr. Eric Hall and his group have assessed the technical potential for anaerobic treatment in the pulp and paper sector by experimentally screening the treatability characteristics of effluents from 21 Canadian mills. Under contract to Environment Canada, NovaTec Consultants of Vancouver has summarized the costs of anaerobic treatment to identify the most economically attractive applications for the technology. The WTC has also worked with MacMillan Bloedel to evaluate several pilot-scale anaerobic systems prior to the selection of a full-scale process for treating semichemical pulping wastewater at Sturgeon Falls, Ontario. Similar systems have been chosen for pilot testing or construction at 8 other pulp mills from New Brunswick to British Columbia.

Environment Canada's programme, with the help of PERD funds, is continuing to explore even more novel applications for anaerobic technology in the pulp and paper sector. Current research is concentrating on the optimization of anaerobic treatment for the removal of toxic compounds in pulping wastewater that has serious environmental effects. PERD funding allows the WTC to forge links between basic research undertaken by other government and university laboratories (Waterloo, McMaster, Manitoba) and potential industrial users of new treatment technologies.

ENERGY SAVINGS FROM SLUDGE PRESS

Under the DRECT programme discussed earlier, CIP Inc. of Gatineau, Quebec, has installed a new dewatering press to further reduce the water content of waste sludge so that it can be incinerated rather than landfilled. The new technology, developed at the Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) near Quebec City, dries the sludge to a solids content of 50 per cent. Energy recovery from the incineration of the dried sludge generates a fuel saving of 20 000 barrels of oil per year for the mill. If applied nationally, the CRIQ press could reduce pollution from sludge landfills and save 200 000 barrels of oil annually.



Dr. Eric Hall of Environment Canada studies anaerobic technology.

Pulp and paper plant at Elk Falls, B.C.

Our Canadian forests – a renewable resource for pulp and paper, and biomass for energy.

R&D Programme Coordinators (left to right): John Reid, Wayne Richardson and Bob Boulden.

MANAGEMENT PERSPECTIVE

Environment Canada wishes to ensure that its available research funds are used to maximum effect, and that the findings are applied and implemented. The Panel on Energy Research and Development (PERD) furthers both these aims. It also promotes partnerships among industry, universities and government, thereby supporting a major priority of the federal government.

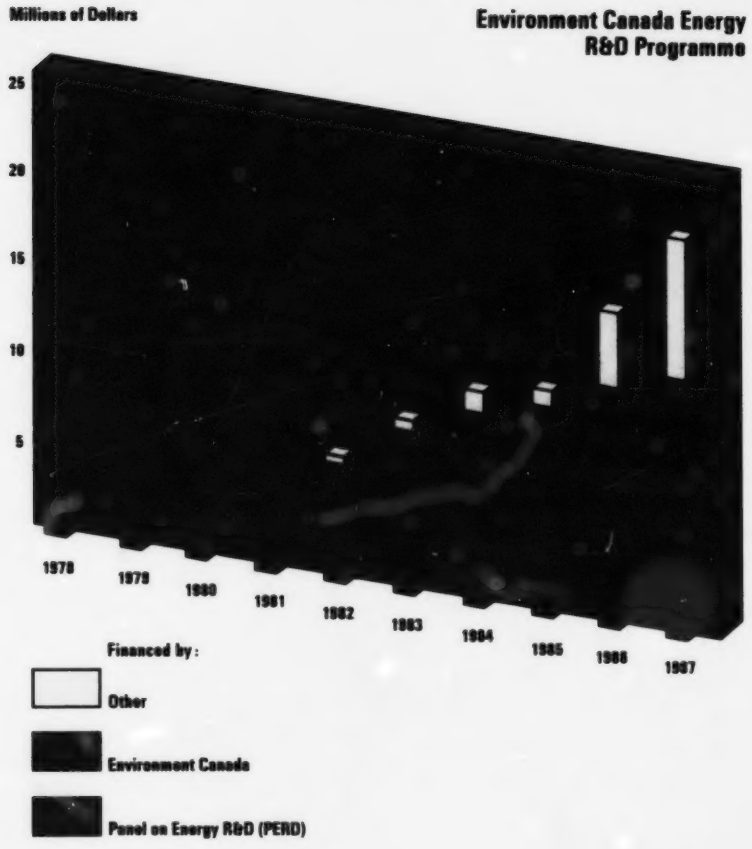
Most of Environment Canada's PERD projects are funded jointly with one or more other organizations, including other governments, federal departments, provincial agencies, universities, and private companies. In 1987-88, Environment Canada received $6 million from the federal PERD budget. The Department provided another $8 million, and research partnerships supplied a further $8.5 million. Environment Canada's annual PERD-related resources have grown over the years, as shown in the accompanying diagram. The total for 1987-88 ($22.5 million) reflects a larger federal allocation to the overall programme, increased participation by the private sector, and careful management by the Department.

The judicious selection of projects is critical in ensuring that R&D results will be implemented. Environment Canada encourages research that can be applied in the private sector, as it is through this sector that actual changes will be made in energy production or use. Projects are funded if they have significant potential for increasing the efficiency of production or use, or for reducing environmental effects. The private sector plays a major role in project selection and in reviewing results.

Another priority of the PERD programme is the development of knowledge that will allow the government to regulate industry more efficiently and fairly. Research of this kind is always conducted in cooperation with regulators and industry representatives, to enlist the input and support of the industries concerned.

The research results and knowledge base from Environment Canada's PERD programme also contribute significantly to policy-making on energy developments in Canada, and on major global issues such as climate change.

Environment Canada's Energy Research and Development programme is managed by Wayne Richardson (Corporate Policy Group). Coordination in the Department has been provided by Bob Boulden (Conservation and Protection) and Dr. John Reid (Atmospheric Environment Service). Some departmental scientists and engineers responsible for specific research projects funded under PERD have been named in this report. These individuals and the many others not mentioned by name continue seeking ways to increase energy and production efficiency and to reduce the environmental impact of energy developments. Theirs is a vital contribution to Canada's sustainable development.


Millions of Dollars
Environment Canada Energy
R&D Programme
25
20
15
10
5
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
Financed by:
Other
Environment Canada
Panel on Energy R&D (PERD)

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1989
ISBN 0-662-56493-6
N° de cat. En 21-78/1989

Pour obtenir gratuitement d'autres exemplaires de ce document, veuillez vous adresser à :

Science et énergie
Environnement Canada
Les Terrasses de la Chaudière
22e étage
10, rue Wellington
Hull (Québec)
K1A 0H3

Remerciements
Nous tenons à remercier les personnes et les organismes qui ont collaboré à l'élaboration du présent document.

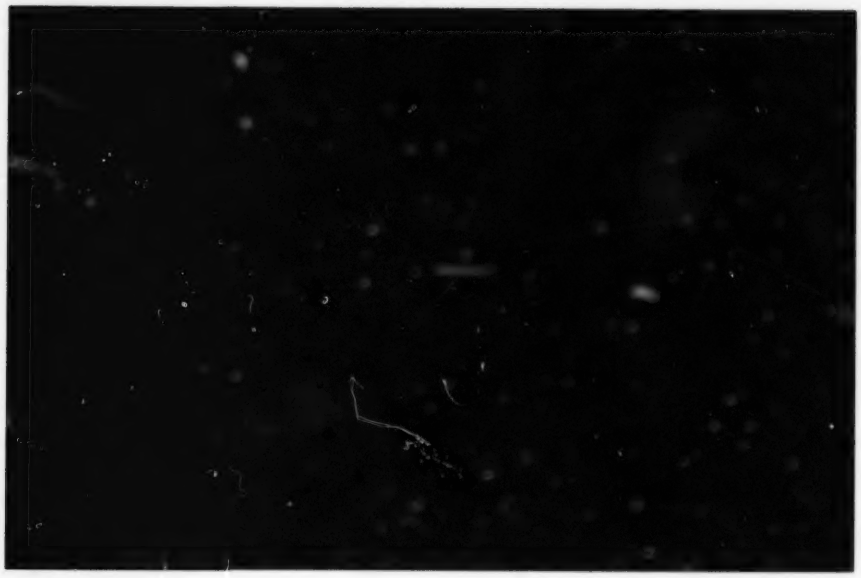
Coordination Suzanne Roussel, Environnement Canada
Recherche Ian Efford, Avocet International
Conception Turquoise Design Inc.
Édition Les Entreprises Hélène Bruyère Enr.

Photos
Approvisionnements et Services Canada
Industrie, Sciences et Technologie Canada
Conseil national de recherches du Canada
Pêches et Océans
Environnement Canada
Norecol Environmental Consultants Ltd.
RIS Resource Integration Systems Ltd.
Lafarge Canada Inc.
Municipalité régionale d'Ottawa-Carleton

DIX ANNÉES DE SUCCÈS

Recherche et développement dans le domaine de l'environnement et de l'énergie

Canada



« Il existe indéniablement un rapport entre l'activité économique et la dégradation de l'environnement, mais c'est dans le secteur énergétique que ce rapport devient le plus évident et le plus inquiétant. Le Canada entend appliquer les principes du développement durable face aux besoins énergétiques de demain. »

Allocution du très honorable Brian Mulroney, Premier ministre du Canada, à l'occasion de la Conférence internationale sur l'atmosphère en évolution, tenue à Toronto, le 27 juin 1988.

LES MATIÈRES

CHAPITRE 1 *INTRODUCTION* ____ 5

CHAPITRE 2 *LES SOURCES D'ÉNERGIE CLASSIQUES*

Le bassin pétrolifère de l'Ouest canadien ____ 6
La conception sûre des installations gazières et pétrolières en mer ____ 8
L'exploitation sûre des gisements gaziers et pétrolifères sous-marins ____ 10
Le charbon ____ 12

CHAPITRE 3 *LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DES SOURCES D'ÉNERGIE* ____ 14

CHAPITRE 4 *L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE ET LES ÉNERGIES RENOUVELABLES*

L'énergie renouvelable d'origine solaire ____ 16
L'énergie renouvelable d'origine éolienne ____ 18
La démonstration de techniques de conservation des ressources et de l'énergie ____ 20
L'énergie tirée des ordures ménagères ____ 22
L'énergie tirée des eaux usées urbaines et industrielles ____ 24
L'énergie tirée des déchets de l'industrie des pâtes et papiers ____ 26

CHAPITRE 5 *LA GESTION PRÉVISIONNELLE* ____ 28

LE GROUPE DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT ÉNERGÉTIQUES (GRDE)

Le GRDE s'efforcera de fournir, de concert avec le secteur privé et les provinces, des données techniques permettant :

- de maintenir l'autonomie de notre pays sur le plan pétrolier;
- de développer une économie énergétique diversifiée;
- de réduire la dépendance de notre pays à l'égard des énergies non renouvelables.

Le programme fédéral de R-D énergétique est un programme interministériel. Son objectif général est d'offrir un soutien technique et scientifique à la diversification des ressources énergétiques nécessaires à un développement durable de l'économie sans nuire à l'environnement. Le GRDE coordonne l'action et supervise les réalisations. Ses travaux s'appuient sur des comités interministériels qui recueillent les recommandations du secteur privé, et sur le Bureau de recherche et de développement énergétiques d'Énergie, Mines et Ressources Canada, qui en assure le secrétariat.

Les ressources du GRDE viennent s'ajouter aux budgets des ministères afin de les aider à coordonner rapidement leur action en fonction des objectifs du Programme énergétique national. Ces ministères consacrent environ 70 p. 100 des ressources du GRDE au financement des contrats de R-D accordés au secteur privé et aux universités. En août 1988, le Conseil des ministres a accepté de financer la R-D pendant une période de quatre années (1989-1993), et a fixé le budget annuel du GRDE à environ 89 millions de dollars.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, au Canada, il est reconnu que l'exploitation rationnelle de l'énergie et la protection de l'environnement doivent aller de pair si nous voulons nous assurer un développement durable. Pendant trop longtemps nous avons agi comme si le besoin de répondre à une demande toujours croissante de ressources énergétiques nous autorisait à faire fi de notre environnement. Mais, comme le Premier ministre Mulroney le souligne clairement dans la citation reproduite au début du présent rapport, le Canada est désormais fermement résolu à inverser ce mouvement.

Il suffit de considérer l'économie mondiale pour constater qu'un approvisionnement sûr d'énergie à un prix raisonnable est la clé de la prospérité et d'un niveau de vie convenable. En même temps, toutefois, il devient de plus en plus évident que la vie elle-même dépend de la salubrité actuelle et future de l'environnement.

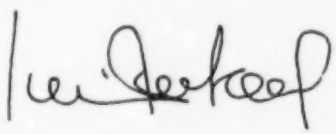
Dès le début, le Canada a fermement appuyé les travaux de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement. Dans son rapport aux Nations Unies, en 1987, celle-ci a été la première à formuler le principe du développement durable. Ce principe met l'accent sur le besoin de conserver les ressources et va être déterminant pour le développement et l'exploitation de l'énergie à l'avenir.

La notion du développement durable découle logiquement de l'expérience canadienne des dix dernières années. Au cours de cette période, en effet, la qualité de l'environnement est devenue un aspect essentiel de l'évaluation de nos politiques et de nos programmes énergétiques.

Or, la recherche et le développement dans ce domaine sont indispensables pour nous permettre d'optimiser l'exploitation de nos réserves d'énergie et, en même temps, de prévoir et de prévenir les problèmes environnementaux. Au cours des dix dernières années, Environnement Canada et Énergie, Mines et Ressources Canada ont donc étudié le lien entre l'environnement et l'énergie de concert avec d'autres ministères et organismes fédéraux, avec des universités et avec le secteur privé, dans le cadre du Programme de recherche et de développement énergétiques. Ces travaux forment la substance du présent rapport.

La recherche nous aide à comprendre les incidences de la production d'énergie sur le milieu et les moyens de réduire la pollution et de limiter les dégâts causés à l'environnement. Grâce au Programme de recherche et de développement énergétiques, Environnement Canada aide d'autres ministères et des entreprises du secteur privé à mettre au point de nouveaux procédés de production d'énergie respectueux de l'environnement, de meilleures méthodes de lutte contre la pollution de l'air et de l'eau et de nouvelles techniques de gestion des déchets. Il les aide aussi à mieux comprendre les systèmes climatiques continentaux et océaniques. Un partie du budget affecté à ce programme sert par ailleurs à stimuler la recherche sur des questions précises liées à l'énergie, aux procédés de production dits écologiques et à l'amélioration des règlements applicables à ce secteur. Ces initiatives traduisent l'engagement du gouvernement canadien en faveur du développement durable dans le domaine de l'énergie, comme dans les autres sphères d'activité de notre pays.

Les pages qui suivent vous donneront, je l'espère, un aperçu clair des objectifs et résultats de travaux de recherche et de développement axés sur la satisfaction de nos besoins en énergie dans un monde où l'environnement sera pleinement sauvegardé.



Lucien Bouchard
Ministre de l'Environnement

Le delta du Mackenzie – un fragile écosystème.

Un chevalet de pompage du brut lourd.

Les bassins de décantation des sables bitumineux et l'usine Syncrude.

LE BASSIN PÉTROLIFÈRE DE L'OUEST CANADIEN

Les ressources énergétiques dont dispose le Canada sont des plus variées. D'un océan à l'autre, ses grands cours d'eau ont été aménagés pour produire de l'énergie hydroélectrique, tandis que l'Est et l'Ouest du pays exploitent d'importantes réserves de gaz naturel, de pétrole et de charbon. Ses forêts produisent du combustible ligneux, et l'ensoleillement est suffisant pour la production d'énergie solaire. Toutes ces ressources sont exploitées et fournissent une énergie peu coûteuse pour les besoins domiciliaires et industriels. Au Canada, les principales réserves exploitables de pétrole et de gaz naturel se trouvent dans le bassin de l'Ouest, qui s'étend du nord-est de la Colombie-Britannique au sud-ouest du Manitoba. Dans le cadre du GRDE, Environnement Canada a mis sur pied des programmes de recherche portant sur toutes les répercussions que l'exploration, l'exploitation et l'extraction de ces gisements pourraient avoir sur l'environnement. Les déchets du forage et des usines d'épuration du gaz, les torchères et les résidus de valorisation retiennent son attention. Ces recherches ont été entreprises pour améliorer la gestion des énergies classiques, le pétrole et le gaz, et renforcer la compétence des organismes publics en matière de réglementation et de protection de l'environnement.

Les sables bitumineux et les gisements de brut lourd de l'Alberta et de la Saskatchewan, qui constituent l'une de nos plus importantes ressources énergétiques, sont à peine exploités. En raison des coûts et des difficultés techniques que pose la récupération du pétrole, et des conditions climatiques rigoureuses qui gênent les travaux, seuls quelques-uns de ces gisements sont exploités. L'extraction des sables bitumineux se fait par deux méthodes. Pour les sables bitumineux à la surface du sol, l'extraction se fait à ciel ouvert. Pour les sables bitumineux gisant en profondeur et pour le brut lourd, la méthode actuellement utilisée consiste à injecter de la vapeur dans le sol pour fluidifier le pétrole, à le pomper en surface et ensuite à le séparer de l'eau qu'il contient. Toutefois, ces deux méthodes ont d'importantes répercussions sur l'environnement.

L'extraction du pétrole des sables bitumineux des gisements Syncrude et Suncor s'accomplit par le procédé Clark à l'eau chaude. Cette technique nécessite des bassins de décantation qui retiennent d'énormes quantités d'eau polluée (à titre d'exemple, le bassin de décantation de Syncrude couvre 22 kilomètres carrés), et elle produit des terrils sableux dont il est difficile de reconstituer la couverture végétale dans un climat subarctique. Le projet OSLO d'extraction de pétrole des sables bitumineux, qui vient d'être récemment approuvé, utilisera le même procédé.

L'extraction des hydrocarbures des sables bitumineux produit d'énormes quantités d'eau polluée par des résidus chimiques et pétroliers. Ces eaux, si elles ne sont pas traitées, endommageront le fragile écosystème du Nord, le réseau hydrographique de l'Athabasca et les nappes phréatiques des environs. La combustion de brut à forte teneur en soufre au cours du pro-

cessus d'extraction est, dans une certaine mesure, responsable de la pollution atmosphérique aux alentours. Cette pollution empire l'hiver, lorsque l'absence de vent cause une inversion thermique des couches d'air, plaquant l'air pollué près du sol. Beaucoup de ces questions ont été abordées par le GRDE. Il a axé les recherches sur la répartition des polluants les plus nocifs (notamment les phénols) dans les gisements pétrolifères, sur la réduction des risques qu'ils peuvent présenter pour l'environnement et sur l'amélioration du traitement des eaux d'extraction.

LE TRAITEMENT DES EAUX D'EXTRACTION DU PÉTROLE AU GISEMENT DE LINDBERGH

On a entrepris d'importants travaux de recherche pour trouver une méthode fiable et économique de recyclage ou d'élimination des eaux employées pour l'extraction du brut lourd. Les eaux ainsi utilisées contiennent de fortes teneurs en produits chimiques, qui les rendent inutilisables. Pour pouvoir s'en servir de nouveau, il faut les traiter ou les diluer. À l'heure actuelle, il n'existe aucune méthode prouvée pour débarrasser l'eau des produits chimiques; cependant, Abbas Zaidi, du Centre technique des eaux usées de Burlington, en Ontario, de concert avec l'Alberta Oil Sands Technology Research Authority (AOSTRA) et plusieurs sociétés pétrolières, a examiné certains procédés d'élimination, comme l'évaporation de vapeur sous pression et l'électrodialyse. Des essais pilotes sont actuellement en cours à la Dearborn Chemical Co. Ltd., au gisement d'Amoco Canada à Lindbergh, en Alberta, et au Centre technique des eaux usées d'Environnement Canada.

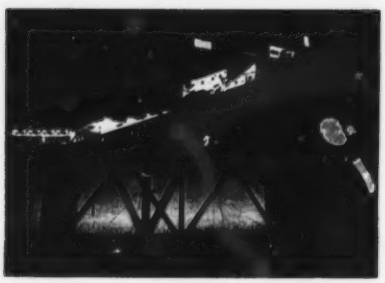
Le coût de ces travaux, comme pour la plupart des recherches financées par le GRDE, se répartit comme suit : l'AOSTRA en assume 50 p. 100, Environnement Canada, 26 p. 100, et les sociétés pétrolières participantes (Amoco Canada, Murphy Oil, Pan Canadian et Westmin Resources) se partagent la dernière tranche de 24 p. 100.

L'ÉLIMINATION DANS LE SOL DES RÉSIDUS D'EXTRACTION DU BRUT LOURD

Dans l'Ouest canadien, l'extraction du brut lourd produit de fortes quantités de résidus huileux qui doivent être éliminés par des moyens acceptables, du point de vue tant économique qu'environnemental. Ainsi, on produit chaque année, en Alberta seulement, plus de 100 000 mètres cubes de résidus et de boues huileuses. À l'Université de Calgary, le Centre Kananskis de recherches environnementales a étudié cette question. Ces travaux sont financés conjointement par Environnement Canada et par l'Association pétrolière canadienne.

On s'intéressera spécialement à l'altération des hydrocarbures et à ses effets sur l'environnement, ainsi qu'à la remise en culture des bassins de décantation des résidus. La contamination des nappes phréatiques est aussi abordée. Les résultats des recherches permettront d'élaborer les règles d'élimination dans le sol des résidus de l'extraction du pétrole. C'est Rick Scroggins, d'Environnement Canada, qui coordonne les travaux.

Terri Bolman d'Environnement Canada étudie l'élimination des boues huileuses.



L'équipage détache la glace qui recouvre un bateau au cours d'une tempête.

L'exploitation pétrolière : la mer de Beaufort.

LA CONCEPTION SÛRE DES INSTALLATIONS GAZIÈRES ET PÉTROLIÈRES EN MER

La conception sûre des installations pétrolières dans les eaux canadiennes préoccupe l'industrie, les organismes de l'État et le public. Après le naufrage de l'Ocean Ranger, au cours duquel 84 personnes ont perdu la vie durant une tempête, voilà que la plate-forme de forage Rowan Gorilla a récemment chaviré, alors qu'on la remorquait au large de la côte est du Canada. Heureusement, l'équipage est sorti indemne de cet accident, surtout grâce à la réglementation canadienne sur la conception sûre de ces ouvrages, réglementation appliquée par l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC).

La sécurité de la prospection pétrolière en mer repose sur deux facteurs d'importance capitale : la conception technique des plates-formes et des bateaux de service, de même que la connaissance de la violence des tempêtes océaniques. Environnement Canada, dans le cadre du programme du GRDE, effectue des recherches en vue d'améliorer les normes de sécurité et de mieux prévoir l'intensité, le parcours et le moment des tempêtes en haute mer.

La sécurité de la conception d'ouvrages maritimes exige une connaissance approfondie des différentes forces susceptibles d'agir sur eux. Il faut tenir compte non seulement des vagues énormes produites par les tempêtes hivernales, mais aussi du vent, des glaces, des icebergs, de la glace accumulée sur les installations et les bateaux, de la pression de l'eau à grande profondeur et des courants sous-marins agissant sur les pipelines et les ouvrages immergés. La conception des installations doit également prendre en compte les interactions complexes entre ces forces.

Les recherches en ce domaine visent à améliorer les connaissances que nous possédons sur les forces intervenant dans le milieu naturel. Elles sont dirigées par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) d'Environnement Canada, établi à Downsview en Ontario, et par l'Institut national de recherches sur les eaux, situé au Centre canadien des eaux intérieures, à Burlington, en Ontario. Diverses entreprises privées, notamment la Seaconsult Ltd. de Saint John's à Terre-Neuve, et la Maclaren Plansearch Ltd. de Halifax en Nouvelle-Écosse, se sont associées à ces recherches.

LES PRÉVISIONS A POSTERIORI DES VENTS ET DE LA HOULE DANS LA MER DE BEAUFORT

Les vagues, en l'absence de glace, demeurent la principale force agissant sur les ouvrages maritimes. Il faut également étudier les courants marins dus au vent et les marées de tempête, particulièrement dans la mer de Beaufort. C'est pourquoi il est indispensable de connaître exactement le régime des vents et celui de la houle pour la conception des ouvrages.

L'an dernier, on a fait une « prévision a posteriori » grâce aux données recueillies sur 20 tempêtes estivales et 14 tempêtes hivernales dans la mer de Beaufort qui avaient provoqué de fortes houles. Ces données sur le champ éolien sont utilisées dans le cadre d'un programme auquel Pêches et Océans participe, en vue d'élaborer des modèles de la houle, des courants, des marées anormales et du mouvement des glaces dans ce secteur.

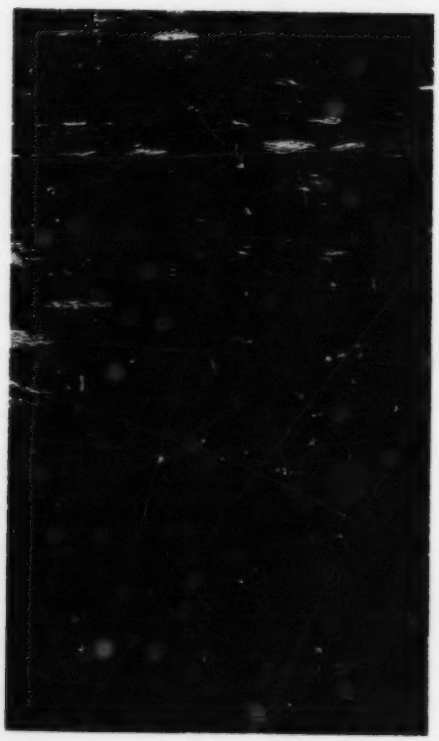
On a pris des dispositions pour établir des prévisions a posteriori sur les vents et la grosse houle dans les grands bancs de Terre-Neuve, la plate-forme continentale de la Nouvelle-Écosse et le banc de Georges. Cette initiative s'inscrit dans un projet d'ensemble pour l'élucidation des régimes normaux et extrêmes des vents et de la houle dans les eaux des littoraux est et ouest, conformément aux recommandations de la Commission royale sur le naufrage de l'Ocean Ranger. De nombreux autres organismes participent à cette entreprise, y compris l'industrie des hydrocarbures et les ministères fédéraux suivants : Pêches et Océans, Défense nationale, Transports Canada, Énergie, Mines et Ressources Canada.

Ces travaux favorisent la mise en valeur des ressources énergétiques sous-marines de façon sûre, économique et respectueuse de l'environnement.

L'étude du processus de formation des vagues et de leur puissance exige beaucoup de ressources et d'ingéniosité. Les renseignements essentiels sur les conditions extrêmes sont très difficiles à recueillir. Sous la direction de Mark Donelan, des scientifiques de l'Institut national de recherche sur les eaux d'Environnement Canada utilisent une plate-forme maritime pour recueillir des données sur le milieu physique et les transmettre au laboratoire situé sur la côte. L'étude des interactions entre le déferlement des vagues et la turbulence en eaux profondes a débouché sur une meilleure compréhension de la production de la houle et des courants marins par les vents, une meilleure conception technique des ouvrages en mer, le calcul précis de la dispersion des polluants rejetés dans les océans et une connaissance approfondie des échanges d'énergie mécanique, de chaleur et de polluants gazeux entre l'atmosphère et l'océan.

L'ACCUMULATION DE GLACE SUR LES OUVRAGES MARITIMES

Dans des conditions climatiques rigoureuses, l'accumulation de glace causée par les embruns peut faire chavirer un bateau et, conjuguée avec la force des vents et de la houle, déséquilibrer une plate-forme flottante. La glace peut immobiliser l'équipement de sauvetage, entraver les communications et rendre les conditions de travail très dangereuses. Il est donc important d'évaluer le risque de formation de glace sur les bateaux et les ouvrages maritimes. Les conditions très pénibles du recueil des données rendent la recherche difficile. Ross Brown, du Centre climatologique canadien de Downsview, dirige l'étude du problème en laboratoire, en mer et par modélisation. En collaboration avec le Laboratoire norvégien d'hydrotechnique, on mesure en continu l'accumulation de glace sur les plates-formes et les bateaux. Le modèle élaboré permettra de mieux concevoir les ouvrages maritimes et les navires.



Ross Brown étudie un modèle d'accumulation de glace.

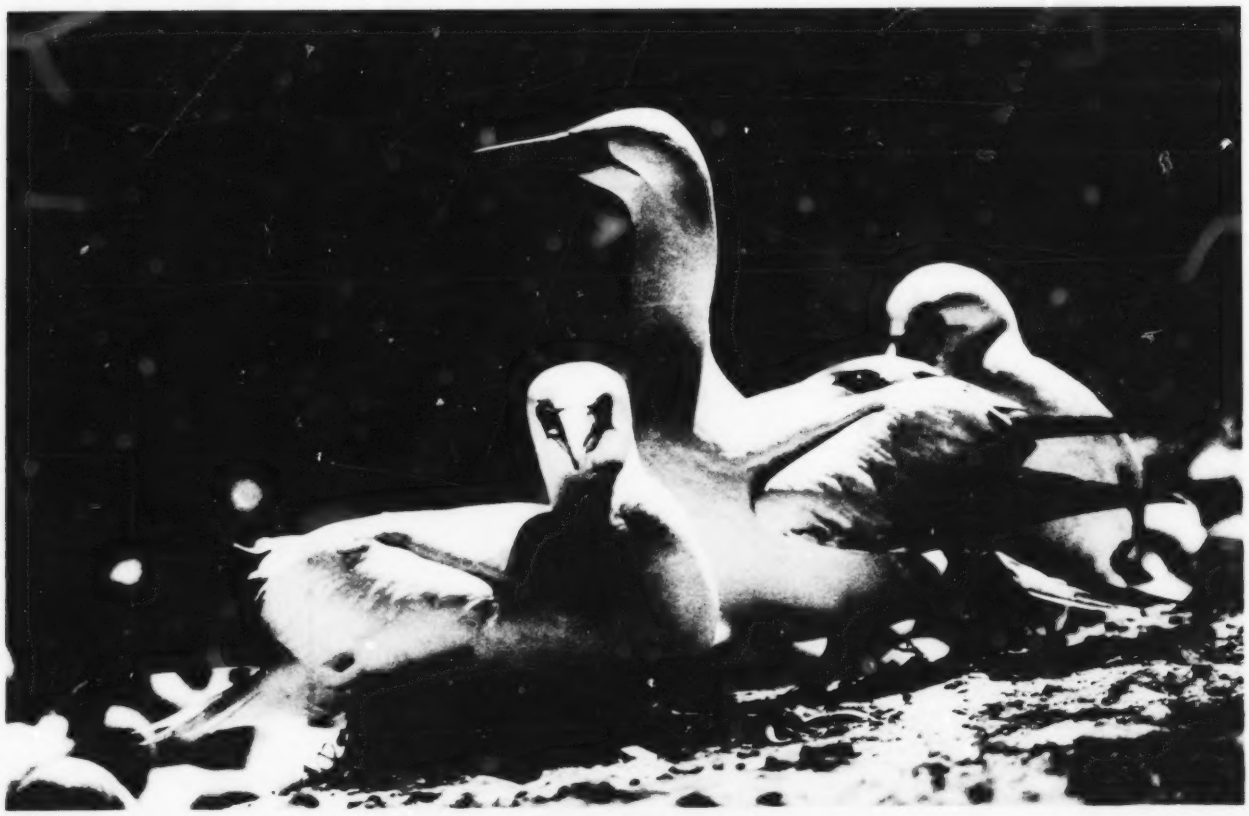
Le déferlement de la houle au Cap St.-George à Terre-Neuve.

Des nids de fous de Bassan, au bord de la mer.

L'EXPLOITATION SÛRE DES GISEMENTS GAZIERS ET PÉTROLIFÈRES SOUS-MARINS

Tout comme la conception des ouvrages maritimes, l'exploitation sûre des hydrocarbures sous-marins est d'un intérêt capital pour tous les Canadiens. Bien que cette sécurité incombe aux sociétés pétrolières, les travaux sont surveillés par l'APGTC et par les conseils régionaux de gestion du pétrole sous-marin, tel le Canada-Newfoundland Offshore Petroleum Board. L'APGTC a recours aux scientifiques d'Environnement Canada et de Pêches et Océans pour obtenir des données détaillées sur les dures conditions climatiques (courants, vents, glaces et houle) à affronter au cours de la prospection et de l'exploitation de ces ressources.

D'autres travaux de recherche en cours visent à évaluer les répercussions de la prospection et de l'exploitation des gisements pétrolifères sur l'environnement. On étudie ainsi les boues de forage, les gravats laissés sur place, la détection aérienne des épanchements d'hydrocarbures et l'efficacité des agents de dispersion utilisés en cas de déversement. Ces études ont permis à l'APGTC de réglementer les épanchements d'hydrocarbures provenant des installations pétrolières et gazières et d'étudier en particulier l'incidence des déversements sur la faune et la flore marines ainsi que sur le littoral. On évalue, par exemple, la contamination éventuelle des espèces commerciales de poissons et de crustacés par le rejet de condensats. Le Service canadien de la faune analyse les effets de l'engluage des oiseaux de mer par les hydrocarbures, les dommages causés à long terme aux oiseaux par de petites quantités de pétrole et ses effets particulièrement nocifs dans le climat rigoureux de l'Arctique.



L'ÉTUDE DES TEMPÊTES OCÉANIQUES

On a mis sur pied le Programme canadien d'étude des tempêtes dans l'Atlantique (CASP), en partie financé par le GRDE, pour mieux comprendre les tempêtes océaniques. Les recherches ont porté sur l'état de l'océan et les conditions atmosphériques au-dessus de la plate-forme continentale de la Nouvelle-Écosse et dans la région canadienne de l'Atlantique, au cours de 16 tempêtes hivernales survenues en 1985 et en 1986 sur la côte est. Ces travaux ont été effectués parallèlement à l'étude GALE, réalisée à grande échelle par des Américains, au sujet des tempêtes du littoral atlantique. Le programme CASP, réalisé en commun par Pêches et Océans et Environnement Canada, réunissait des scientifiques du Conseil national de recherches du Canada, de la Défense nationale et d'organismes des États-Unis. Le travail d'Environnement Canada était dirigé par Ron Stewart et George Isaacs du SEA. Des représentants de l'Université McGill et des employés des stations météorologiques y participaient également. De nombreux habitants des Maritimes ont relevé des données particulières tout au cours de l'étude. Le coût total du projet CASP et GALE a atteint 22,5 millions de dollars, dont 4,5 millions ont été fournis par le gouvernement canadien. La marine américaine et d'autres organismes scientifiques des États-Unis ont acquitté le reste des coûts.

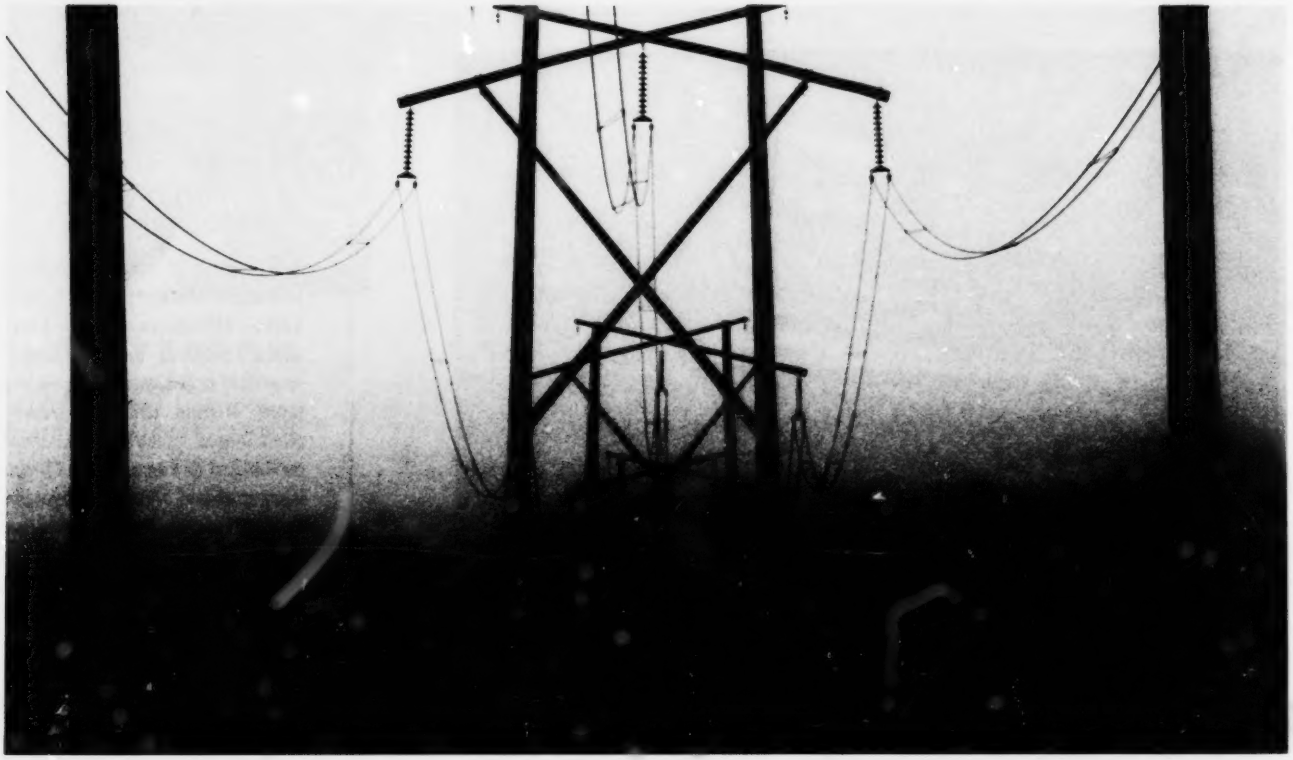
Ce programme a permis de recueillir, pendant deux mois, un nombre sans précédent de données au moyen de toute une panoplie d'instruments de mesure des courants, des vents et de la houle, d'appareils météorologiques au sol et par l'observation de la houle en avion et par les radars côtiers. Les données complètes ainsi obtenues sont uniques et nous permettent de comprendre et de prédire les tempêtes de la région, de concevoir des ouvrages pouvant résister à ce milieu océanique et d'élaborer des directives pour la protection des gens et de l'environnement.

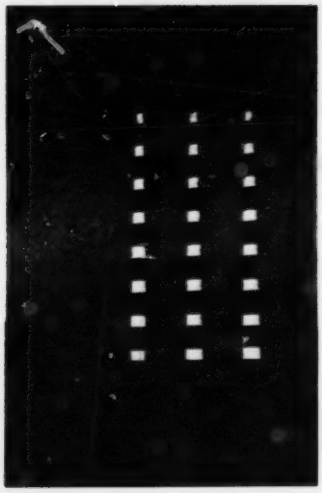
LA TÉLÉDÉTECTION DES DÉVERSEMENTS D'HYDROCARBURES

Des déversements de pétrole surviendront inévitablement, et la gestion efficace de ce genre d'incidents nécessite un signalement immédiat et une surveillance constante. Depuis 1984, Environnement Canada, grâce au financement du GRDE et de concert avec l'industrie pétrolière, évalue les appareils de télédétection des déversements maritimes de pétrole. Cette initiative visait à mettre au point un dispositif de surveillance et d'avertissement de tout déversement accidentel ou intentionnel d'hydrocarbures en mer. On peut installer ce dispositif sur les plates-formes de forage ou d'exploitation, afin de signaler tout déversement. C'est le détecteur à infrarouge des nappes de pétrole, fabriqué par la société américaine Wright and Wright Inc., qui a été choisi. On lui apporte des modifications pour améliorer sa sensibilité par très forte houle.

Des appareils aéroportés surveillent les conditions atmosphériques.

Roger Percy et Sue Day surveillent les épanchements de pétrole.





Une centrale thermique au charbon, en N.-É.

LE CHARBON

Notre société dépend de l'électricité : celle-ci alimente en énergie nos usines, nos foyers, nos hôpitaux et nos aéroports. Nos besoins sont couverts en grande partie par les barrages hydroélectriques et les centrales nucléaires. Mais comme le potentiel hydroélectrique sauvage diminue et le coût des centrales nucléaires s'accroît, il nous faut construire de plus en plus de centrales thermiques. Toutefois, la combustion du charbon dans les centrales et l'exploitation des gisements de charbon ont des répercussions sur l'environnement, tout comme les barrages et les centrales nucléaires.

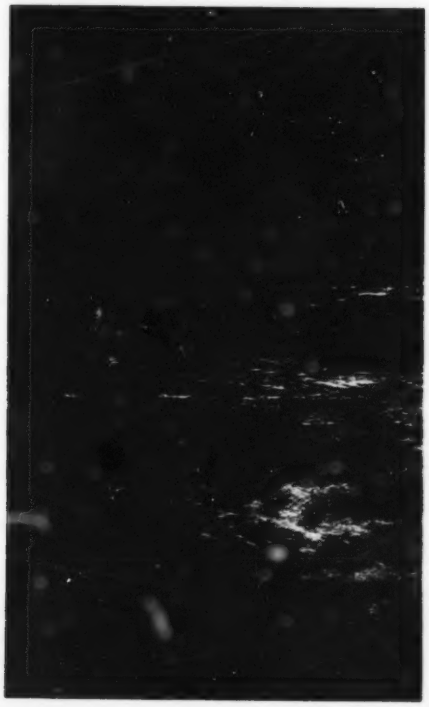
Environnement Canada, grâce au financement du GRDE, étudie les principales incidences environnementales des centrales alimentées au charbon. Les polluants les plus dommageables rejetés par ces centrales sont des gaz acides qui, répandus dans l'atmosphère, sont dissous par les gouttelettes de pluie retournant au sol (les pluies acides). La neutralisation de ces gaz acides produit souvent d'énormes quantités de sous-produits solides qui, à leur tour, constituent des risques pour l'environnement. Les dépotoirs où l'on accumule ces sous-produits peuvent dégager des poussières irritantes, polluer l'eau et produire des réactions chimiques ou subir des transformations physiques : ainsi les matériaux deviennent inutilisables. De plus, les déchets et les opérations d'extraction, de traitement, de séchage, de stockage et de transport du charbon peuvent avoir des effets nocifs sur l'eau, l'air et le sol.

Le rôle d'Environnement Canada consiste à mener et à soutenir les travaux de recherche et de développement visant à améliorer les normes de protection de l'environnement, en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE), et à élaborer de nouvelles techniques de prévention et de réduction de la pollution. De concert avec Énergie, Mines et Ressources Canada et les compagnies d'énergie électrique, le Ministère entreprend des recherches sur les procédés permettant de réduire les déchets ou d'accroître leur stabilité, diminuant ainsi les dangers de pollution des nappes phréatiques et des eaux de ruissellement. Les recherches portent également sur la possibilité de produire des déchets recyclables.

LA RÉDUCTION DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Une méthode assez nouvelle de réduction des émissions de dioxyde de soufre dans l'air repose sur la pulvérisation d'un agent de sorption, tel que la chaux ou le calcaire, dans les foyers alimentés au charbon. L'agent de sorption se combine au dioxyde de soufre et forme des sous-produits sulfureux solides qu'on peut séparer des gaz brûlés et des cendres. Quoique cette technique de fixation du dioxyde de soufre soit moins coûteuse que les autres, son efficacité laisse à désirer. Plusieurs organismes, dont l'Ontario Hydro, la Saskatchewan Power, Environnement Canada, Énergie, Mines et Ressources Canada et l'Association canadienne de l'électricité, collaborent à un programme de recherches, de mise au point et de démonstration des techniques de pulvérisation des agents de sorption. Des résultats récents montrent que la pulvérisation d'un tel agent peut éliminer jusqu'à 80 p. 100 du dioxyde de soufre produit, une nette amélioration par rapport aux résultats antérieurs. Grâce à une modification apportée à cette technique qui ouvre de nouvelles perspectives, il est possible d'éliminer jusqu'à 90 p. 100 des oxydes d'azote, permettant au Canada de remplir ses obligations internationales en matière de réduction de la pollution par ces substances.

Parmi les autres méthodes d'élimination du dioxyde de soufre des gaz brûlés, citons la désulfuration. Cette technique consiste à faire barboter les gaz brûlés dans une solution d'agent de sorption. Celui-ci réagit avec le dioxyde de soufre et forme des précipités séparables de la solution de barbotage. Une autre technique, la combustion en lit fluidisé, consiste à brûler le charbon sur un lit de calcaire. Celui-ci, réagissant avec le dioxyde de soufre, forme des sous-produits qu'on retire avec les cendres. Les études sur l'utilisation des sous-produits de ces deux réactions sont dirigées par Geoff Ross, d'Environnement Canada, et sont réalisées par des entreprises privées, la Dearborn Chemical Co. Ltd. et Canviro Consultants, toutes deux de Mississauga en Ontario, de concert avec Énergie, Mines et Ressources Canada, l'Association canadienne de l'électricité, la Commission d'énergie électrique du Nouveau-Brunswick et la Nova Scotia Power Corporation. Une démonstration des méthodes d'enfouissement des cendres de combustion en lit fluidisé, sans incidences environnementales, est en cours à la centrale thermique à combustion du charbon en lit fluidisé de Chatham, au Nouveau-Brunswick, qui a été financée par Énergie, Mines et Ressources Canada, et dont l'exploitation est assurée par la Commission d'énergie électrique du Nouveau-Brunswick. Cette méthode permet de réduire les poussières et le volume de cendres. Celles-ci sont physiquement stables et résistent à la pénétration de l'eau.



L'EXPLOITATION DES GISEMENTS DE CHARBON

On s'efforce actuellement de mettre au point un procédé d'élimination des polluants des eaux d'exhaure et de lavage du charbon. Ces eaux peuvent contenir différents polluants, tels que de faibles teneurs en composés azotés provenant du dynamitage, qui peuvent détériorer fortement les eaux courantes. L'élimination de ces composés par l'équipement classique de dépollution est difficile et coûteuse. On met actuellement à l'essai un procédé naturel d'extraction de l'azote des eaux résiduaires par des plantes qu'on y fait croître. Ces travaux, dirigés par Bill Blakeman et Bryan Kelso, d'Environnement Canada, sont réalisés par deux sociétés de Vancouver (Norecol Environmental Consultants et Ross Consultants) et par des sociétés houillères, dont la Quinsam Coal Ltd., de Campbell River en Colombie-Britannique.

Geoff Ross (gauche), Ray Kissel, de la firme Dearborn Chemical Ltd.

La surveillance des effets d'extraction du charbon.

LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DES SOURCES D'ÉNERGIE

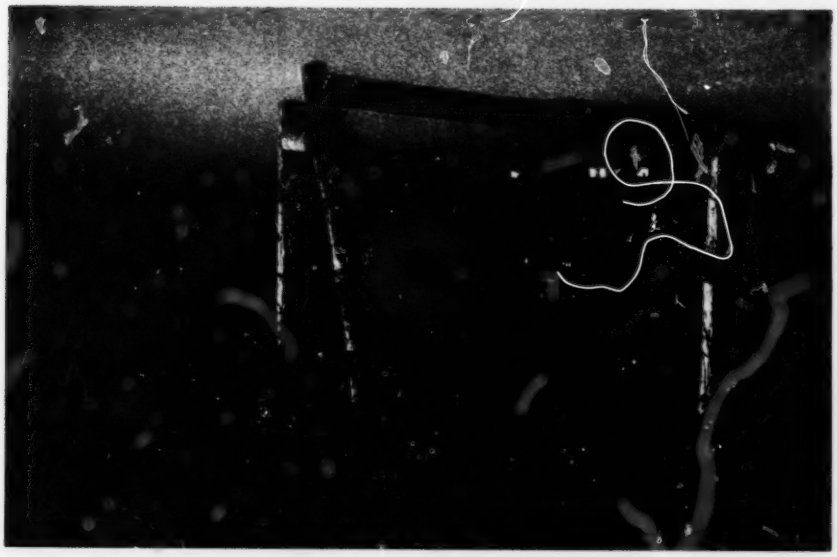
Pendant la majeure partie du XX^{e} siècle, le Canada a largement fondé le développement de son économie sur l'exploitation de ses ressources en combustibles fossiles épuisables. Au cours des dernières années, les répercussions de cette utilisation sur l'environnement ont progressivement débordé les prévisions initiales, nécessitant qu'on s'en occupe sérieusement. Le taux de rejet de produits chimiques par les centrales et les moteurs dépasse apparemment le pouvoir absorbant de l'atmosphère, ce qui risque d'avoir une incidence considérable sur l'environnement et sur l'économie du monde entier.

Bien que certaines sources visibles de pollution (rejets d'effluents liquides dans les cours d'eau, fumée épaisse crachée par les cheminées) soient assez faciles à analyser et à enrayer, de nombreux polluants gazeux sont insidieux et peu apparents, donc potentiellement plus dommageables. À l'heure actuelle, la population est très préoccupée par trois questions connexes : l'accumulation dans l'atmosphère de gaz carbonique risquant de provoquer un effet de serre, les pluies acides et l'amincissement de la couche d'ozone dans la haute atmosphère. Quand, dans un lac, les poissons meurent à cause des pluies acides, le simple citoyen ne peut que constater le résultat, sans le relier à la cause. Si les périodes de sécheresse s'aggravent dans les Prairies, en raison d'un réchauffement progressif du climat provoqué par l'accumulation de gaz carbonique dans l'atmosphère, là encore, les fermiers ne peuvent que constater le résultat. Parmi leurs principales fonctions, les scientifiques de l'État doivent s'efforcer d'étudier et de comprendre la cause des changements majeurs que subit l'environnement mondial, de mettre au point des solutions de même que de conseiller et d'informer les décideurs et le grand public.

Il est difficile de déterminer la cause de ces divers phénomènes et de mettre en œuvre les mesures nécessaires. L'étude des changements climatiques nécessite, d'une part, l'utilisation d'appareils très perfectionnés pour mesurer le cheminement du gaz carbonique dans l'atmosphère, les forêts et les océans et, d'autre part, l'élaboration de modèles informatiques pour en saisir l'incidence sur le climat. Seul un contrôle serré permettra de savoir s'il y a véritablement augmentation de ce gaz dans l'atmosphère et s'il est responsable d'un réchauffement progressif par l'effet de serre. On effectuera ensuite l'évaluation des répercussions à long terme.

Au nombre des sources invisibles de pollution de l'air figurent les oxydes de soufre et d'azote. Ces gaz sont engendrés par certains processus lors de l'extraction du cuivre, de la combustion du charbon dans les centrales thermiques et de la consommation de carburant par les véhicules de transport. Une fois rejetés dans l'atmosphère, ces gaz produisent des pluies acides qui sont très dommageables pour la faune et la flore. Bien que les effets à long terme de ces gaz n'aient pas encore été déterminés, les connaissances à leur propos progressent chaque année.

L'amincissement de la couche d'ozone dans la haute atmosphère apparaît comme un problème très complexe. Cette couche agit comme un filtre qui bloque le passage du rayonnement cancérigène issu du soleil. Beaucoup se refusent à croire que l'utilisation des combustibles fossiles, des aérosols ménagers et des tasses en mousse de plastique entraîne une destruction de la couche d'ozone. Cette découverte est issue du travail de scientifiques consciencieux, comme Wayne Evans d'Environnement Canada.



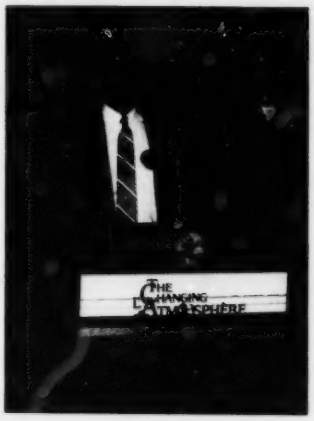
LE COORDONNATEUR DE L'INFORMATION SUR LE CO_2

Environnement Canada, grâce aux fonds du GRDE, a nommé un coordonnateur central, Henry Hengeveld, du Bureau du programme climatologique du SEA, à Downsview, en Ontario. Il devra s'attaquer au problème du gaz carbonique dans l'atmosphère et servir de personne-ressource à propos des résultats des recherches effectuées tant au Canada qu'ailleurs dans le monde sur l'effet de serre et l'évolution du climat. Ainsi, les Canadiens intéressés pourront-ils s'informer des faits et de leurs conséquences. La compilation et la diffusion de ces renseignements auprès des autres scientifiques et du public sont de la plus haute importance en raison de l'évolution rapide de la science, du volume des données à consulter et des progrès constants de la technologie.

En juin 1988, les autorités canadiennes, pour assurer une coordination globale de ces travaux, ont convoqué une conférence internationale à Toronto grâce à une subvention d'Environnement Canada et d'autres ministères. Cette conférence, intitulée « L'atmosphère en évolution : implications pour la sécurité du globe », s'est déroulée en présence du Premier ministre du Canada, Brian Mulroney, et de la première ministre de Norvège, M^me^ Brundtland, qui a déjà été présidente de la Commission mondiale des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Cette réunion était présidée par Stephen Lewis, qui alors était ambassadeur du Canada aux Nations Unies.

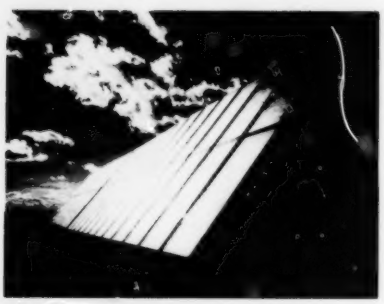
LA MESURE DU CHEMINEMENT DES GAZ POLLUANTS

Les recherches entreprises avec l'aide du GRDE portent sur des méthodes de mesure des teneurs atmosphériques en polluants, et sur leur cheminement. On sait que le gaz carbonique, l'hémioxyde d'azote, le méthane et les chlorofluorocarbones s'accumulent dans l'atmosphère et risquent d'y provoquer un effet de serre alarmant. Ces gaz laissent passer le rayonnement solaire de courte longueur d'onde, mais peuvent absorber et réémettre un rayonnement de grande longueur d'onde. Ils peuvent donc influencer le climat de la planète. Bien qu'on sache depuis longtemps que le gaz carbonique en est responsable, l'influence conjuguée des autres gaz constitue un facteur presque aussi important de changement climatique. Il nous faudra plus de travaux de recherche pour connaître tous les effets de l'augmentation des teneurs de ces gaz dans l'atmosphère.



Henry Hengeveld, à la Conférence sur l'atmosphère en évolution.

La sécheresse – le changement climatique dans les prairies.



La collecte d'énergie par les panneaux solaires.

L'ÉNERGIE RENOUVELABLE D'ORIGINE SOLAIRE

Nos ressources en combustibles fossiles sont épuisables, mais elles sont techniquement faciles d'accès, à des coûts relativement bas. De leur côté, les énergies renouvelables sont, par leur nature même, inépuisables, mais leur exploitation pose quelques difficultés d'ordre technique et financier. Des chercheurs du monde entier s'emploient à trouver les moyens d'en réduire les coûts pour accroître leur utilisation, surtout en matière d'énergie éolienne et d'énergie solaire.

À première vue, l'énergie solaire ne semble pas un apport important à notre panoplie énergétique. Les panneaux solaires se voient rarement ailleurs que dans les installations de démonstration, quelques maisons, des usines et certains édifices publics. L'utilisation des convertisseurs photovoltaïques (qui transforment le rayonnement solaire en énergie électrique) est encore plus rare. Cependant, ces dispositifs jouent un rôle éminent dans les régions éloignées en fournissant l'énergie nécessaire aux bouées de la Garde côtière canadienne et aux relais hertziens. Le chauffage direct des locaux par ensoleillement contribue largement à nous tenir au chaud. Grâce à l'utilisation croissante de nouvelles techniques de construction élaborées ici, comme les maisons R-2000 et la conception de fenêtres perfectionnées, nos maisons et nos immeubles commerciaux pourront être chauffés plus efficacement par l'énergie solaire. Il faut aussi souligner la grande quantité d'énergie thermique fournie par la combustion du bois. Dans les régions rurales et dans certains secteurs industriels, c'est encore l'une des principales sources d'énergie.

Contrairement aux autres sources d'énergie utilisées au Canada, les énergies renouvelables, et particulièrement l'énergie solaire, l'énergie éolienne et les petites installations hydroélectriques n'ont qu'une très faible incidence sur l'environnement. Le SEA, bénéficiant de l'aide financière du GRDE, s'est associé à des entreprises privées et à des universités pour compiler des banques de données détaillées sur le potentiel de l'énergie solaire dans toutes les régions du Canada. La conception architecturale des locaux pour leur chauffage direct par ensoleillement peut se fonder sur ces données, tout comme la conception et l'orientation des dispositifs de captage de l'énergie solaire.

Les recherches sur l'énergie solaire sont dirigées par Bob Morris, du SEA. Un atlas complet des ressources solaires canadiennes et une banque de données facile d'accès ont ainsi été compilés.

L'ANALYSE DES DONNÉES SUR LE RAYONNEMENT SOLAIRE

On peut obtenir auprès du Centre national des archives climatologiques les relevés horaires sur le rayonnement solaire pour une cinquantaine d'endroits au Canada. La conception de dispositifs de captage de l'énergie solaire ne saurait se fonder sur ces seules données, lesquelles ont été recueillies à même des surfaces horizontales, sans distinction entre l'irradiation solaire directe et la lumière diffusée. Pour évaluer les avantages et la faisabilité des dispositifs de captage de l'énergie solaire et calculer les coûts de chauffage des édifices, il est préférable d'effectuer des relevés plus détaillés.

Dans cette optique, le SEA a élaboré un modèle informatique permettant de distinguer l'apport direct d'énergie et celui de la lumière diffusée pour une surface donnée, celle des fenêtres et des murs par exemple. Le nombre de lieux au Canada pour lesquels ce genre de données existent était de 50 au début; il atteint 130 à l'heure actuelle.

Environnement Canada publie, dans son *Analyse des données de rayonnement solaire au Canada*, des résumés statistiques et des cartes des moyennes mensuelles du rayonnement solaire, qui sont également offerts sur bande magnétique et sur disquette. Ces données ont été inscrites dans deux programmes informatiques couramment utilisés au Canada en matière d'énergie solaire et de maisons de type R-2000 : WATSUN et HOTCAN.

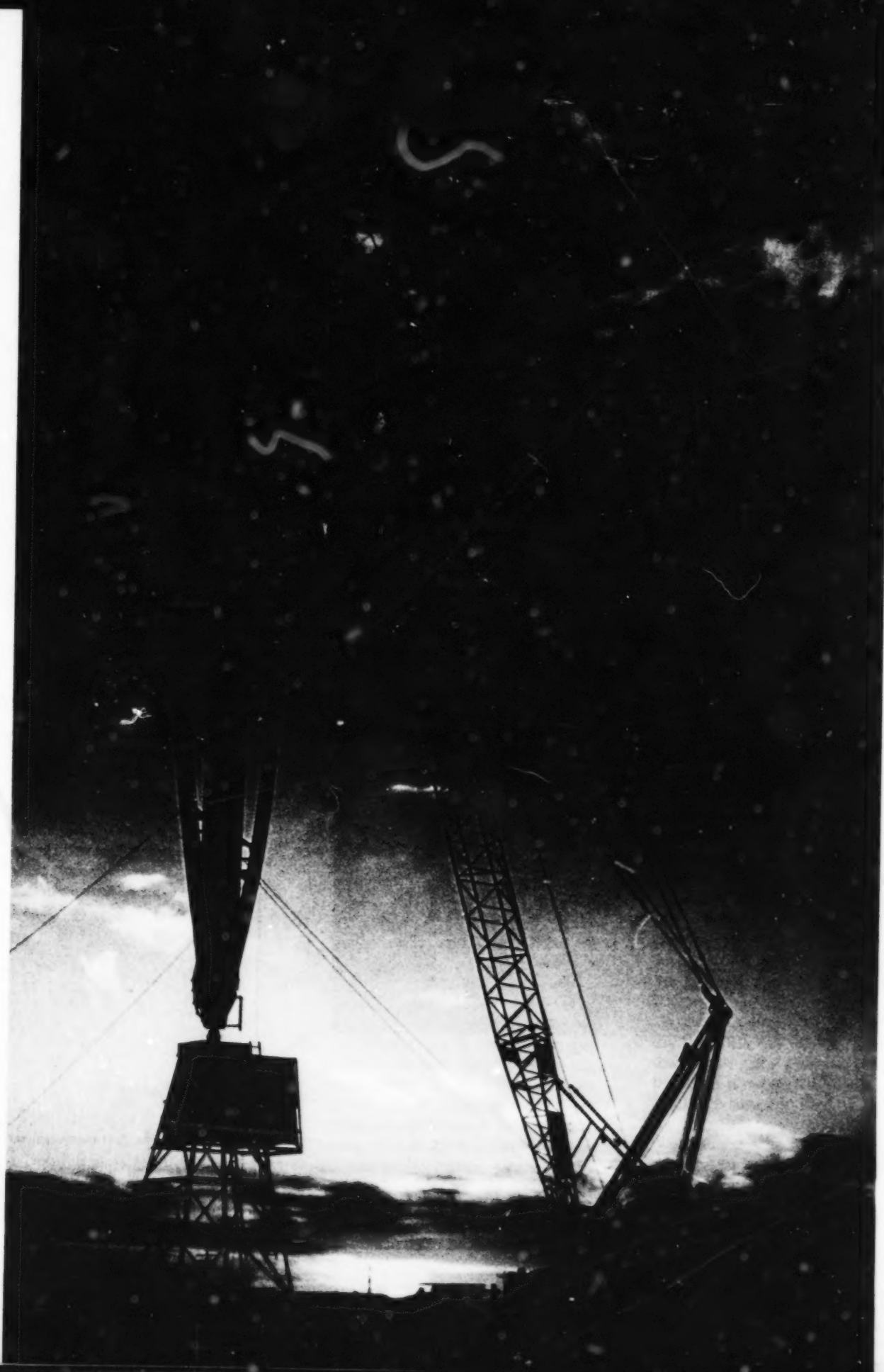
LA MAISON DE TYPE R-2000

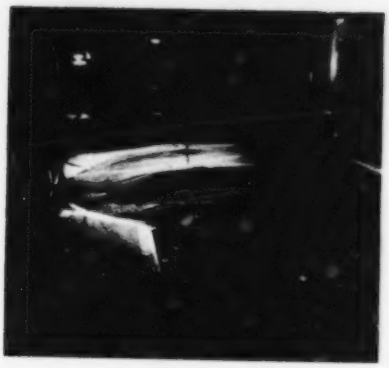
Les maisons à bon rendement énergétique (surtout la maison R-2000, très efficace sur ce plan) tirent le meilleur parti possible du chauffage par simple ensoleillement. Le financement accordé par le GRDE a permis au SEA de compiler une base de données pour appuyer de tels projets. Les maisons sont orientées de façon à tirer un parti maximal de l'ensoleillement. L'accroissement de la surface vitrée au sud, pour qu'elle atteigne de 8 à 10 p. 100 de la surface du plancher, permet de fournir 25 p. 100 du chauffage de la maison.

L'architecture solaire permet de diminuer la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation, et de maintenir toute l'année une température agréable à l'intérieur.

Don McKay, chercheur en rayonnement solaire à Environnement Canada.

Maison à bon rendement énergétique.





L'ÉNERGIE RENOUVELABLE D'ORIGINE ÉOLIENNE

Le vent pourrait constituer une importante source d'énergie dans les années à venir. Propre et presque inépuisable, l'énergie éolienne est coûteuse en raison de sa variabilité et de sa dispersion. Les spécialistes canadiens se sont surtout intéressés au rotor de Darrieus (aubage à axe vertical ressemblant à un batteur à œufs) imaginé par l'ingénieur français du même nom. Les travaux ont été entrepris par le Conseil national de recherches du Canada et ont porté sur la réduction du coût de l'énergie éolienne, afin que les aérogénérateurs puissent un jour rivaliser avec les autres sources d'énergie.

Il faut disposer de données détaillées sur le régime éolien local avant de choisir un site d'implantation et un type d'aérogénérateur particulier. Le SEA a dressé une carte de la vitesse moyenne annuelle des vents et une autre de la répartition de l'énergie éolienne moyenne disponible tout au long de l'année comme évaluation préliminaire du régime éolien au Canada. Les données ont été recueillies dans 140 sites éoliens au cours d'une période de dix années. Comme les données varient d'une année à l'autre, l'interprétation du régime des vents est difficile à réaliser. À certains endroits, on effectue encore des mesures sur la vitesse moyenne annuelle du vent, le niveau de turbulence, les roses des vents saisonnières et les variations quotidiennes.

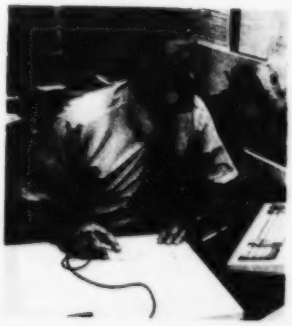
La construction d'un certain nombre d'éoliennes de démonstration de grande taille a été financée par l'État en divers endroits du pays, afin de stimuler le développement du secteur de l'énergie éolienne. Les deux principales éoliennes sont situées aux Îles-de-la-Madeleine et à Cap-Chat, au Québec.

L'ÉTUDE INFORMATIQUE DE LA CIRCULATION EN ALTITUDE

Bien qu'il soit possible, à l'aide d'un atlas éolien du Canada, de déterminer quelles sont les régions les plus propices à l'installation d'une éolienne, l'atlas ne permet pas de choisir le site d'implantation lui-même. Le régime des vents mesuré dans une station météorologique normale (tel un aéroport) ne s'applique guère aux sites éoliens situés à quelque distance. Les traits locaux du relief modifient considérablement le potentiel éolien de chaque site. Malheureusement, il n'est pas possible d'effectuer une étude à long terme du régime éolien de tous les sites. C'est pourquoi le SEA, sous la direction de Hans Teunissen et de Peter Taylor, a lancé un programme important, financé par le GRDE, pour établir et élaborer le modèle informatique des effets du relief, telle l'altitude, sur le vent soufflant au-dessus. Ce modèle servira ensuite à calculer les effets du relief sur un site quelconque, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer des mesures sur place. On a fait des mesures sur place, des essais en soufflerie et la modélisation de la circulation du vent au-dessus du relief, et on utilise couramment le résultat de ces travaux pour évaluer le potentiel des sites éoliens en certains lieux du globe.

LE ROTOR DE DARRIEUS À CAP-CHAT

Le SEA, Hydro-Québec et le Conseil national de recherches du Canada ont effectué l'évaluation des ressources éoliennes en divers lieux avant de construire de nouvelles éoliennes de grande taille à des fins de démonstration. Des ingénieurs de Lavalin et l'expert-conseil J.R. Salmon ont pris part à ces travaux. Grâce à quatre tours d'observation éoliennes de 60 mètres, on mesure les forts vents de la vallée du Saint-Laurent et des Îles-de-la-Madeleine. En 1982, le Conseil national de recherches du Canada et l'Institut de recherche d'Hydro-Québec ont décidé de partager les frais d'installation du prototype, soit 35 millions de dollars. Le SEA et tout particulièrement Peter Taylor ont fourni des données éoliennes détaillées pour faciliter le choix du site éolien et la conception de l'aérometeur.



L'installation d'un rotor Darrieus.

L'écoulement du vent sur relief.

Bob Morris, spécialiste éolien.

La combustion de pneus déchiquetés comme source d'énergie à la cimenterie Lafarge Canada.

LA DÉMONSTRATION DE TECHNIQUES DE CONSERVATION DES RESSOURCES ET DE L'ÉNERGIE

Le gouvernement s'efforce d'aider la société à s'adapter aux changements. La technologie industrielle fournit de nouveaux produits et réduit le coût des articles de consommation courante. Malheureusement, il en a résulté un nombre croissant de polluants chimiques et de plus grandes quantités de déchets. Les dépotoirs de nombreuses collectivités se sont remplis, et de nouveaux sites sont difficiles à trouver. Trop peu d'entreprises s'intéressent à l'accumulation des polluants et des déchets qui résultent de leurs activités.

Le Programme de création et de démonstration de techniques de conservation des ressources et de l'énergie (DRECT) retient la conservation de l'énergie comme critère de sélection des projets, comme celui de récupération du méthane produit par le dépotoir de Kitchener. Le GRDE aide le DRECT à financer la recherche sur la récupération et le recyclage des déchets industriels auparavant cause de pollution : chrome rejeté par l'usine Thermonic de Boucherville et azote émanant d'une usine d'engrais de Maitland, en Ontario.

L'utilisation des énormes quantités de pneus usés qui défigurent certaines municipalités est un autre exemple des avantages procurés par la recherche sur l'économie de l'énergie et le recyclage des ressources.

Combiner la conservation de l'énergie et le recyclage accroît au maximum les avantages qu'on peut tirer des recherches. L'utilisation de vieux pneus usés au lieu de pétrole comme combustile dans des usines en est un autre exemple. Les énormes quantités accumulées de vieux pneus d'automobile et de camion causent des problèmes considérables d'entreposage, d'esthétique et de sécurité aux autorités municipales. Le financement accordé par le GRDE a permis de concevoir un dispositif de combustion de ces pneus dans les fours à ciment et de réduire la consommation élevée de gaz naturel et de pétrole de ces fours. À l'usine de ciment Lafarge Canada, de Saint-Constant au Québec, on fait actuellement l'utilisation commerciale de ce procédé.

LE RECYCLAGE, LA RÉCUPÉRATION ET LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

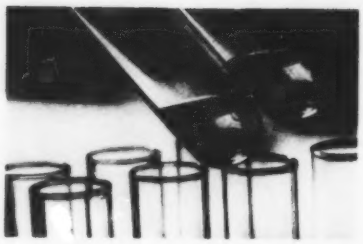
Dans le cadre du DRECT, Environnement Canada favorise l'élaboration de nouvelles techniques pour résoudre les problèmes de pollution et de gestion des déchets. Ce programme, dirigé par George Hill et Adrian Ross, fournit un soutien financier à la mise au point de méthodes de recyclage non polluant des déchets, de séparation des polluants avant qu'ils soient dispersés dans l'environnement et de réduction de la consommation d'énergie par les procédés industriels.

Le DRECT offre, en outre, un soutien technique et une aide financière aux initiatives fructueuses que sont la Bourse canadienne des déchets, coordonnée maintenant par Ortech International, une entreprise à but non lucratif, et Épargne-papier, programme fédéral de récupération des papiers fins, régi par Approvisionnements et Services Canada et administré par Energy Pathways Incorporated.

Environnement Canada s'efforce d'utiliser l'argent des contribuables le plus efficacement possible. Plutôt que de financer les recherches au complet, le Ministère leur consacre de petits montants pour favoriser l'intervention d'organismes provinciaux et d'entreprises privées. Ceux-ci ont ainsi affecté 22,6 millions de dollars à la réalisation de 39 projets auxquels le GRDE avait consacré 5,4 millions de dollars depuis 1978. La part des organismes provinciaux et municipaux s'élevait à 6,6 millions de dollars et celle du secteur privé atteignait 16 millions.

Le financement par le GRDE de travaux de R-D véritablement communs s'est révélé fort efficace. La vaste gamme des travaux de recherche a débouché sur des procédés inédits et rentables, permettant d'économiser l'énergie et d'assainir l'environnement. Les industriels s'efforcent d'élaborer des techniques commercialisables à partir des résultats des recherches. Voici une récapitulation des résultats obtenus grâce au programme, jusqu'en 1988 :

- on a économisé 60 millions de barils d'équivalent-pétrole;
- on a recyclé 50 millions de tonnes de déchets;
- on a créé plus de 2 000 emplois permanents;
- on a consacré plus de 200 millions de dollars à la réalisation de projets d'équipement;
- on a créé plus de 2 500 emplois dans l'industrie du bâtiment.



LA FIRME ANACHEMIA MET AU POINT UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE

La firme Anachemia Solvents Ltd., de Mississauga en Ontario, extrait des solvants à partir des résidus de fabrication de la peinture et d'autres produits de la chimie, et brûle les boues restantes pour produire de la vapeur. Les résidus, au contact de sable brûlant, dégagent des vapeurs de solvants qui sont ensuite récupérées par condensation. les résidus et le sable sont finalement carbonisés, et le sable est ensuite réutilisé. Cette méthode nouvelle permettrait des économies annuelles de 100 000 barils d'équivalent-pétrole si elle était appliquée par tout le Canada.

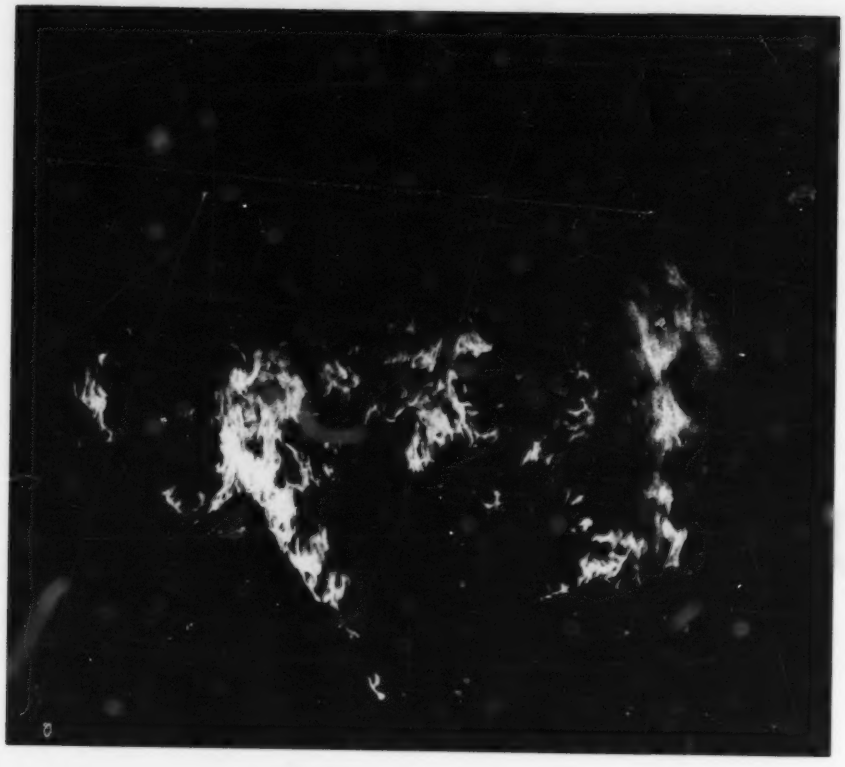
Le recyclage de solvants résiduaires.

La « boîte bleue » aide au recyclage et à la réduction du volume des ordures.

L'ÉNERGIE TIRÉE DES ORDURES MÉNAGÈRES

Il suffit d'envisager le coût d'élimination des ordures ménagères au cours de ces dernières années pour se rendre compte qu'elles posent un problème important et coûteux d'utilisation des sols. Les droits d'utilisation d'une décharge, qui atteignaient naguère de 10 à 15 dollars la tonne, s'élèvent maintenant à plus de 50 dollars au Canada et même à 100 dollars dans certaines régions de l'Amérique du Nord. Récemment, la presse a relaté les pérégrinations d'une barge transportant des déchets dans l'Atlantique Ouest et la mer des Antilles, pendant des semaines, avant de retourner à son point de départ.

L'élimination des déchets solides est devenue un problème majeur dans la société urbaine actuelle. Le transport des ordures vers des municipalités éloignées disposant d'espace pour des dépotoirs est devenu inacceptable; il existe toutefois d'autres solutions. En réduisant la consommation, en diminuant l'utilisation d'articles jetables, en recyclant les déchets et en incinérant les ordures combustibles, on peut diminuer considérablement les quantités d'ordures à acheminer vers les dépotoirs.



LE PROGRAMME NATIONAL D'INCINÉRATION DES ORDURES

Environnement Canada a eu recours au financement du GRDE pour mettre sur pied le Programme national d'essais et d'évaluation des incinérateurs (PEENI); celui-ci porte sur la combustion, le contrôle informatique, le contrôle des fumées et les techniques de réduction des rejets d'incinération. Il est dirigé par David Hay, Abe Finkelstein et Ray Klicius, d'Environnement Canada. Les résultats des recherches sont utilisés comme base de données pour un programme informatique d'avant-garde portant sur l'amélioration de la combustion en accroissant son efficacité et en réduisant les gaz rejetés. Les données sont mises à la disposition des intéressés partout au Canada, en vue d'accélérer la mise en application des résultats des recherches. Les recherches menées dans l'usine de récupération de l'énergie à partir des ordures installée à Parkdale, à l'Île-du-Prince-Édouard, ont permis d'élaborer des méthodes efficaces de contrôle de la combustion, et de mettre au point une nouvelle chambre de combustion pour l'incinérateur. La ville de Québec a fait modifier l'un de ses incinérateurs, exploité par la Monterey Inc., pour donner la démonstration d'un procédé d'incinération amélioré. Avec le concours de la société Flakt Canada, elle a fait essayer deux dispositifs de réduction de la pollution dans une usine pilote située tout près des incinérateurs de la ville. Les rejets tant organiques que métalliques étaient fortement réduits. Les rejets de dioxine par l'incinérateur modifié étaient bien en deçà des limites fixées (soit de 40 à 100 fois plus faibles que celles de l'ancienne installation). Les rejets de particules étaient réduits de la même façon. Convaincue par des résultats aussi probants, la Communauté urbaine de Québec fait modifier tous ses incinérateurs pour utiliser la nouvelle technique.

Des essais sur l'utilisation du carburant dérivé de déchets, effectués au coût de plusieurs millions de dollars et acquittés par les intervenants, sont présentement en cours à Hartford, Connecticut, de concert avec l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis et les services d'ingénierie des carburants. Le programme a permis de mettre au point des méthodes d'identification des cendres d'incinérateur et des procédés sûrs pour éliminer les cendres. Les travaux du PEENI sur l'énergie tirée des ordures ont placé le Canada parmi les chefs de file mondiaux en ce domaine.

LE POTENTIEL DE L'ÉNERGIE TIRÉE DES ORDURES

La production d'énergie grâce à la combustion des ordures est une technique très prometteuse au Canada. Un programme d'envergure, incluant le recyclage des déchets, permettrait de réduire considérablement l'incidence immédiate de l'élimination des ordures, et en même temps la pollution par des substances toxiques. Les retombées économiques seraient considérables comme les facteurs suivants le montrent :

- **nous produisons 16 millions de tonnes d'ordures ménagères par année, soit 18 millions de barils d'équivalent-pétrole;**
- **d'ici l'an 2000, il faudra construire plus de 30 incinérateurs;**
- **leur construction coûtera plus de 10 milliards de dollars;**
- **les travaux de construction emploieront quelque 120 000 personnes;**
- **5 000 emplois permanents seront créés.**

Abe Finkelstein et Ted Brna (EPA) présents à l'essai d'un incinérateur.

La combustion convenable des déchets.

L'ÉNERGIE TIRÉE DES EAUX USÉES URBAINES ET INDUSTRIELLES

L'eau est indispensable à la vie. Chacun de nous consomme en moyenne quelque 450 litres d'eau par jour. Nous en buvons et nous l'utilisons pour cuisiner, pour laver et pour nos loisirs. L'eau transporte aussi nos déchets corporels, les résidus de nos maisons, de nos commerces et de nos industries. Il était autrefois possible de rejeter les déchets dans les cours d'eau sans avoir à les traiter, parce qu'en quantités raisonnables ils étaient purifiés naturellement par biodégradation. Mais lorsque leur quantité devient trop grande ou s'ils ne sont pas facilement biodégradables, la qualité de l'eau s'appauvrit; l'usage que nous en faisons et les plaisirs qu'elle nous procure s'en trouvent réduits.

À mesure que l'industrialisation se poursuit et que les villes grandissent, les résidus croissent en quantité, en complexité et en diversité. Les eaux usées typiques d'un égout contiennent des résidus d'origine humaine et animale, des végétaux dilacérés, des détersifs et des solvants, des graisses de cuisson, des nutriments, comme l'azote et le phosphore, qui favorisent la croissance des algues, ainsi qu'une multitude de produits industriels complexes. Comme la biodégradation naturelle ne peut à elle seule assimiler tous ces rejets, il est nécessaire de traiter les eaux usées avant de les retourner aux cours d'eau. Comme l'élimination des déchets est de plus en plus difficile et coûteuse, il faut trouver des solutions innovatrices et abordables.

Au Centre technique des eaux usées d'Environnement Canada, à Burlington en Ontario, les scientifiques s'occupent de mettre au point de nouveaux procédés d'épuration des eaux usées industrielles et urbaines, et d'en faire la démonstration. Des entreprises commerciales et industrielles, les municipalités, les organismes provinciaux, les universités, les experts-conseils, Environnement Canada et d'autres ministères fédéraux participent à ces recherches. Il serait possible de réduire le coût d'épuration des eaux usées si les procédés pertinents utilisaient moins de produits chimiques, et si les résidus pouvaient être recyclés ou éliminés en utilisant moins d'énergie. On obtiendrait alors un environnement plus propre. C'est là l'un des principaux objectifs de ce programme financé par le GRDE.

LE PÉTROLE TIRÉ DES BOUES RÉSIDUAIRES

Les boues résiduaires proviennent de l'épuration des eaux usées industrielles et ménagères en vue de les rendre moins nocives pour l'environnement. Le Canada, à lui seul, produit plus de 500 000 tonnes de boues résiduaires chaque année. L'élimination de ces imposantes quantités de boues est coûteuse et compliquée. Celles des grandes villes sont souvent incinérées, mais on s'en sert également comme engrais ou, à l'occasion, comme matériau de remblayage. Certaines municipalités s'en débarrassent en les déversant dans l'océan. Quelle que soit la méthode utilisée, le coût d'élimination des boues résiduaires atteint souvent la moitié du coût de l'épuration des eaux usées. Au Canada, l'élimination de ces boues coûte environ 100 millions de dollars chaque année.

En 1982, Trevor Bridle et Herb Campbell, du Centre technique des eaux usées, ont lancé un programme d'étude de l'extraction d'énergie des boues résiduaires. Ils ont étudié le procédé allemand de l'Université de Tübingen, qui consiste à chauffer les boues séchées à une température variant entre 300 et 350 °C pendant trente minutes environ, sous une atmosphère privée d'oxygène. Ce procedé donne plusieurs sous-produits : du pétrole, des matières charbonneuses, de l'eau issue de la réaction et du gaz non condensable. Le produit principal est le pétrole, mais le gaz et le charbon ont également une valeur énergétique et peuvent être utilisés comme combustibles pour le séchage et la pyrolyse des boues. Cette technique produit un combustible un peu comme la nature produit du pétrole brut, à la différence qu'elle demande trente minutes au lieu de plusieurs millions d'années.

Le procédé du Centre technique des eaux usées offre de nombreux avantages. Les boues résiduaires brutes ou putréfiées peuvent être utilisées, et le pétrole produit peut être entreposé et transporté, contrairement au méthane ou à la vapeur, qui doivent être utilisés immédiatement sur place. On peut utiliser ce pétrole pour le chauffage domiciliaire; on peut même l'améliorer et s'en servir comme carburant. Il est commercialisable et permettrait de réaliser des économies de 15 à 20 millions de dollars par année, puisque le Canada pourrait produire annuellement 700 000 barils de ce pétrole. Cette source de revenu permettrait de payer l'épuration des eaux usées. Bien que les coûts de construction des usines de pyrolyse soient comparables à ceux des incinérateurs, les coûts d'exploitation et d'entretien du procédé par pyrolyse sont moins élevés. Par exemple, jusqu'à 95 p. 100 de l'énergie thermique que contiennent les boues résiduaires peut être récupérée.

Ce procédé de pyrolyse ne peut être appliqué à l'heure actuelle qu'aux boues résiduaires ménagères, mais pourrait s'étendre un jour aux boues résiduaires industrielles. Il est si économique et si novateur que les municipalités du monde entier, surtout en Europe, où les coûts d'élimination des boues sont particulièrement élevés, auraient intérêt à l'utiliser. De récentes enquêtes ont révélé que le Canada, les États-Unis et l'Europe consacrent annuellement deux milliards de dollars à l'élimination des boues, et que leurs quantités devraient doubler au cours de la prochaine décennie. Il serait sans aucun doute possible de faire de considérables économies grâce à ce procédé de pyrolyse des boues.

Le procédé de production du pétrole à partir des boues résiduaires du Centre technique des eaux usées a été breveté par la Canadian Patents and Development Ltd. À l'heure actuelle, on prépare deux projets de démonstration à grande échelle de cette technique au Canada.

L'AÉRATION FORCÉE DES EAUX RÉSIDUAIRES

En général, le traitement biologique des eaux résiduaires industrielles et ménagères nécessite une aération forcée. Celle-ci consomme une part importante du budget énergétique d'une usine d'épuration des eaux usées. Grâce au soutien financier du GRDE, Gord Speirs, du Centre technique des eaux usées, en collaboration avec la firme Canviro Consultants et l'Université McMaster, a fait la démonstration de ce procédé à l'usine de dépollution des eaux de Tillsonburg, en Ontario. On a ainsi constaté qu'un dispositif automatisé d'aération des eaux économise l'énergie, améliore l'exploitation de l'usine et facilite son entretien. Outre la réduction des frais d'exploitation qu'il rend possible, le dispositif automatisé d'aération réduit les coûts de construction en optimisant la capacité d'épuration des installations existantes, retardant ainsi leur expansion. À Tillsonburg, le dispositif automatisé d'aération est actuellement en mesure de servir toute l'usine.

Herb Campbell et Gary Smylski (à gauche).

Une usine de purification des eaux usées à Vancouver.

L'ÉNERGIE TIRÉE DES DÉCHETS DE L'INDUSTRIE DES PÂTES ET PAPIERS

Les forêts constituent la ressource renouvelable la plus abondante et la plus étendue de notre pays. L'industrie des pâtes et papiers y occupe une position unique. Tout en figurant parmi les grands consommateurs industriels d'énergie, ce secteur a la possibilité d'en produire lui-même une quantité considérable. Environnement Canada a effectué des recherches, dans le cadre du programme du GRDE, en vue de favoriser une meilleure utilisation de l'énergie par cette industrie et une réduction de la quantité des polluants qu'elle rejette. Ces recherches ont été réalisées de concert avec l'industrie des pâtes et papiers, que représentait David Paavila, du groupe de recherche de l'Association canadienne des pâtes et papiers. John Betts, d'Environnement Canada, remplissait les fonctions d'expert scientifique du programme.

La capacité de production de nombreuses usines de papier kraft est limitée par le rendement des chaudières de récupération des lessives épuisées, qui sont chauffées par la combustion des déchets massifs de lignine issus de la fabrication de la pâte de bois, et qu'on brûle pour en récupérer l'énergie et réduire la pollution. Comme l'addition d'une chaudière coûte plus de 60 millions de dollars, il faut trouver une autre solution. C'est pourquoi on a entrepris un grand programme de recherche sur la récupération des lessives épuisées et sur la réduction des odeurs nauséabondes que dégagent souvent les chaudières de récupération des usines de papier kraft.

La mauvaise combustion des déchets est la cause principale des pertes d'énergie et des odeurs (la destruction des composés organiques n'étant pas complète). L'amélioration de la combustion permettrait d'accroître de 3 p. 100 la production d'énergie à charge constante et jusqu'à 30 p. 100 la capacité de la chaudière elle-même. Un accroissement similaire de la capacité de production à l'échelle du pays procurerait des rentrées de 100 millions de dollars.

Une importante usine de papier kraft installée à Castlegar, en Colombie-Britannique, a consacré six millions de dollars à la démonstration d'une technique nouvelle d'amélioration du mélange de l'air et des gaz combustibles dans la partie inférieure de la chambre de combustion d'une chaudière de récupération. Le gouvernement fédéral a affecté deux millions de dollars à la réalisation de ce projet, la société Sandwell Swan Wooster de Vancouver, 100 000 dollars, et le B.C. Science Council, 90 000 dollars. Le solde a été payé par l'usine de pâtes et papiers.

On se préoccupe également de l'enlèvement des suies qui réduisent le rendement de la combustion et accroissent les coûts d'exploitation. L'usine aura souvent à débourser 60 000 dollars pour l'enlèvement des suies, auxquels s'ajoutent 300 000 dollars en arrêts de production, plus quelques pertes de rendement. Les capteurs de détection des suies, ainsi mis au point, sont rendus à l'étape de la commercialisation dans le cadre de l'amélioration des opérations de récupération.

LE TRAITEMENT ANAÉROBIE DES EAUX USÉES

Les effluents liquides des usines de pâtes et papiers contiennent différents composés toxiques ou inhibiteurs, de même que de fortes quantités de polluants biodégradables. La méthode de traitement aérobie classique utilise une énergie considérable pour aérer les eaux usées dans de vastes bassins. La méthode anaérobie, moins consommatrice d'énergie, est utilisée pour le traitement des eaux usées plus caustiques. Grâce à cette méthode, les polluants organiques sont récupérés sous forme de biogaz combustible, et la consommation d'énergie nécessitée par l'aération des eaux se trouve réduite.

Le Centre technique des eaux usées d'Environnement Canada s'est efforcé d'inciter l'industrie des pâtes et papiers à mettre au point et à appliquer des techniques nouvelles de traitement anaérobie. Eric Hall et son équipe ont évalué le potentiel technique de cette méthode et ont examiné de façon expérimentale les effluents de 21 usines canadiennes pour traitement éventuel. À la demande d'Environnement Canada, la firme NovaTec Consultants, de Vancouver, a passé en revue les coûts du traitement anaérobie pour déterminer ses meilleures utilisations sur le plan économique. Le centre a également collaboré avec la société MacMillan Bloedel pour évaluer plusieurs installations pilotes de traitement anaérobie avant de choisir un procédé pour le traitement de masse des eaux usées semi-chimiques à l'usine de pâtes et papiers de Sturgeon Falls, en Ontario. Huit autres usines de pâtes et papiers ont choisi des installations pilotes similaires en vue d'essais, ou de construction, du Nouveau-Brunswick à la Colombie-Britannique.

Le programme d'Environnement Canada, grâce au soutien financier du GRDE, permet d'étudier de nouvelles applications du traitement anaérobie dans le secteur des pâtes et papiers. Les recherches actuelles portent sur l'optimisation du traitement anaérobie en vue de récupérer les composés toxiques des eaux usées qui ont un impact sérieux sur l'environnement. Le financement du GRDE permet au Centre technique des eaux usées d'établir des interactions entre la recherche fondamentale effectuée par d'autres laboratoires de l'État et des universités (Waterloo, McMaster, Manitoba) et les utilisateurs industriels possibles des nouvelles techniques.

L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE GRÂCE AUX PRESSES À BOUES

Dans le cadre du programme DRECT cité précédemment, la CIP Inc., de Gatineau au Québec, a installé une nouvelle presse essoreuse pour assécher les boues résiduaires afin de les brûler au lieu de les enfouir. Cette nouvelle technique, mise au point par le Centre de recherches industrielles du Québec (CRIQ) situé près de Québec, permet d'obtenir par séchage des boues ayant une teneur en solides de l'ordre de 50 p. 100. L'énergie récupérée par la combustion des boues séchées représente une économie de 20 000 barils de pétrole par année pour cette seule usine.

Utilisée à l'échelle du pays, la presse du CRIQ réduirait la pollution causée par l'enfouissement des boues et permettrait d'économiser 200 000 barils de pétrole par année.

Eric Hall étudie les techniques de traitement anaérobie.

Une usine de pâtes et papiers en C.B.

Les forêts fournissent de l'énergie et la matière ligneuse du papier.

Les coordonnateurs du programme de R-D énergétique (de gauche à droite): John Reid, Wayne Richardson et Bob Boulden.

LA GESTION PRÉVISIONNELLE

Environnement Canada voit à l'utilisation optimale des fonds affectés à la recherche et à la mise en œuvre effective de ses résultats. Le GRDE vise ces deux objectifs, et il favorise la réalisation de projets avec l'industrie, les universités et les laboratoires de l'État, étayant ainsi l'une des grandes priorités du gouvernement fédéral.

La plupart des projets d'Environnement Canada réalisés dans le cadre du GRDE sont financés conjointement par le Ministère et un ou plusieurs organismes, y compris d'autres ministères fédéraux et provinciaux, des universités et des entreprises privées. En 1987-1988, Environnement Canada a reçu 6 millions de dollars des crédits fédéraux affectés au GRDE. Le Ministère a consenti une autre contribution de 8 millions de dollars, et les autres partenaires y ont ajouté 8,5 millions de dollars. Les ressources financières d'Environnement Canada se sont accrues au fil des ans, comme l'indique le diagramme ci-joint. Les 22,5 millions de dollars alloués pour 1987 et 1988 proviennent d'une contribution accrue de l'État, d'une plus forte participation du secteur énergétique privé et de la saine gestion des fonds par le Ministère.

Le choix judicieux des projets est capital pour la mise en œuvre des résultats de la R-D. Environnement Canada encourage les recherches dont les résultats sont applicables dans le secteur privé, car c'est par lui que les progrès seront réalisés en matière de production ou d'utilisation de l'énergie. Les travaux sont financés s'ils offrent une réelle possibilité d'accroître l'efficacité de la production ou de l'utilisation, ou encore de réduire les incidences sur l'environnement.

Le GRDE a comme autre objectif le développement des connaissances permettant au gouvernement de réglementer les activités industrielles de façon plus efficace et plus équitable. Les recherches s'effectuent toujours en collaboration avec les organes réglementaires et les représentants de l'industrie.

Les résultats des recherches et les connaissances scientifiques ainsi acquises sont d'une grande utilité pour l'élaboration de la politique énergétique canadienne et l'étude des problèmes mondiaux, tel le changement climatique.

Le programme de R-D énergétique d'Environnement Canada est dirigé par Wayne Richardson (Service des politiques du Ministère). Au Ministère, la coordination a été assurée par Bob Boulden (Conservation et Protection) et John Reid (SEA). Certains scientifiques et ingénieurs du Ministère, responsables de projets financés par le GRDE, ont été cités ci-dessous. Ces personnes, et bien d'autres que nous ne pouvons nommer ici, faute d'espace, cherchent comment accroître l'efficacité de la production d'énergie et comment réduire ses effets nocifs sur l'environnement : c'est là une contribution indispensable à un développement durable et respectueux de l'environnement.

millions de dollars

Le programme de R-D énergétique d'Environnement Canada